



Universidad de La Laguna

Tesis Doctoral

---

***Metodología HCI con análisis de emociones para personas con Síndrome de Down. Aplicación para procesos de aprendizaje con interacción gestual***

---

Pablo Vicente Torres Carrión

Directora: Dra. Carina González González

Codirector: Dr. Alfonso Infante Moro

*Doctorado en Ingeniería Informática aplicada a la Industria, a la Ingeniería del Software y a los Sistemas y Tecnologías de la Información*

2017

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*A los niños y niñas  
de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife  
Dani, Dave, Bea, Adal, Valeria, Nayara, Desi*

*Gracias!!!*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Agradecimiento

Dar las gracias es un acto de amor sincero, que mueve nuestra voluntad hasta ver en el otro a un hermano real, al cual tender la mano, regalar nuestro tiempo, dar un consejo, orientar en el caminar, enseñar a superar adversidades... y es por tanto abundante mi sentir de gratitud por su generosidad para con migo.

Son muchas las personas que me han motivado a seguir, y han construido camino a mi lado; y también varias las instituciones que se fueron sumando a este proyecto que ahora tiene uno de sus hitos cumplidos.

*“Pasitos cortos... pero firmes...”*. En el año 2012 nació la propuesta de trabajar con los niños con discapacidades, en el Instituto de Educación Especial Hellen Keller de la ciudad de Cariamanga, luego que mi pedido fue bien recibido por su director el padre Máximo Calva, y por la planta docente y niños que se forman en esta institución; ahí inició este proyecto, sin saber aún la magnitud que iba a tener. Un primer fruto se dio en el año 2014 cuando el proyecto de grado propuesto por Juan Pablo Pardo Montero con tema “Sistema Recomendador aplicable al proceso de enseñanza-aprendizaje y desarrollo motriz de niños y niñas con capacidades diferentes del Instituto Helen Keller de la ciudad de Cariamanga, mediante el uso del HCI Kinect”, fue ganador en el primer concurso GALARDONES 2014 organizado por el SENESCYT, en la mención Educación-Innovación. Mi gratitud para esta noble institución que sigue luchando contra corriente para dar ayuda a más de 50 familias con limitados recursos para educar a sus hijos con discapacidades.

2012 fue el año también cuando inicié mi travesía de estudios de posgrado internacional, matriculándome en el máster en Redes Sociales y Aprendizaje Digital ofertado por la UNED, y en posterior en el master en Comunicación y Educación en la Red,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

y Doctorado en Comunicación y Educación en Entornos Digitales, coordinado por el Dr. Roberto Aparici y la Dra Sara Osuna, grandes profesores que sembraron la semilla de buscar herramientas tecnológicas, innovar y generar conocimiento para mejorar los entornos educativos. Y es con el Profesor Cesar Bernal como director, y la Dra. Carina González como co-Directora, que se realiza la investigación doctoral en “Evaluación de estrategias de aprendizaje con HCI Kinect en alumnos con Síndrome de Down”; gracias Cesar y Carina, se ha demostrado que la distancia no es obstáculo cuando se quiere hacer un esfuerzo por una tecnología más inclusiva.

En el caminar inicial como investigador, tuve el agrado de conocer a la Dra. Carina Gonzáles, por referencias del Dr. Alfonso Infante, quien en su estancia en la UTPL nos puso en contacto y desde ahí se dio inicio a todo este trabajo, que no se refleja en estas páginas, sino en las sonrisas, los momentos, las satisfacciones y experiencias que se han ido viviendo durante todo este tiempo. Ha sido mucho el cambio en mi formación como investigador, y aunque sé que falta mucho, estos años iniciales han sido trascendentes; se ha necesitado mucho esfuerzo y desprendimientos para superar cada uno de los *deadline* que de a poco nos han ido siendo ya comunes. Así se ha ido forjando una gran amistad, con quien es mi gran maestra la Dra. Carina González, que fue pronta en aceptar la propuesta de investigación, y constante en la construcción de cada uno de los resultados obtenidos. Y decía que muy poco está reflejado en este informe, porque una riqueza mayor como investigador está en las personas que vas encontrando en tu caminar y ahora son amigos y amigas, colegas de redes de trabajo e investigación como AIPO, red de la cual me he hecho socio, y desde cuya experiencia ha nacido ya en la UTPL un grupo de investigación en *Interacción Persona Computador para atención a las Personas con Discapacidades (i+IPC)* que estoy coordinando.

Agradecer por supuesto a la Fundación Carolina, que con la beca concedida ha permitido que esta investigación se realice. Mi gratitud a toda la organización, en persona de su director D. Jesús Andreu Ardura, y por su intermedio a todo el personal y patronato

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

que con su generosa ayuda nos permiten a muchos latinos cumplir con nuestras aspiraciones profesionales de estudiar un postgrado en España. Agradecimiento particular para D. Juan Torres como coordinador en la sección de doctorados, que siempre estuvo para dar la atención necesaria en todos los procesos logísticos y administrativos, permitiendo que todo nuestro esfuerzo se centre en la investigación.

Es así que como becario en el año 2015 llego por primera vez a Santa Cruz de Tenerife para realizar mi primera estancia doctoral, donde fui parte de varios proyectos, congresos e investigaciones con nuevos amigos y grandes profesionales de la ULL. Ha sido en el laboratorio del ITED, bajo la tutela de la Dra. Carina González, con su orientación y teniendo a disposición todas las herramientas y dispositivos para realizar esta investigación que se fue consolidando de a poco el cumplimiento de los objetivos planteados. Gracias Carina y todo el equipo de PROVITAO e ITED de la ULL: Vicente, Pedro, Yeray, Carmela, Isa, Eli, Luis, Nazareth, Raquel y Belén, por enseñarme a ser equipo junto a ustedes. A nivel institucional agradecer la colaboración del ITER de Canarias al permitir el uso abierto de la plataforma Tango:H, así como el acceso para la personalización y adecuación de esta herramienta en investigaciones que se continúan trabajando.

A la Asociación de Trisómicos<sup>21</sup> “Down Tenerife”, en la persona de su presidente, el Dr. Lorenzo Moreno, y de todos los directivos, coordinadores, padres, profesores y estudiantes, que abrieron las puertas de su institución para trabajar en los años 2015 y 2016 en procesos de experimentación didáctica; su apoyo con la infraestructura y los recursos que dispone la institución permitieron que la investigación tenga la calidad visible en este y otros trabajos que se encuentran en proceso. Gracias en particular también a las profesoras, Cande y Belén en 2015, y Nuria, Selene y Jenny en el 2016. A todos los chicos que con tanta alegría fueron parte del proyecto: Adri, David, Mera, Dani, Adal, Valeria y Bea; sus abrazos y ocurrencias me motivaban a seguir y a superar la nostalgia de estar lejos de casa.

v

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

A la Universidad Técnica Particular de Loja, mi alma mater, que desde hace ya doce años abrió sus puertas para recibirme como profesor de apoyo, llegando a la fecha a situarme como profesor agregado y coordinador del grupo de investigación i+IPC. La gestión que realizan sus autoridades ha permitido que muchos profesionales podamos optar por una continua formación y crecimiento profesional. La ayuda económica durante mis estancias ha sido fundamental para poder sostener los gastos personales y propios de la investigación. Esta ayuda se ha complementado con la beca otorgada por la Fundación Carolina, con cuyo apoyo se ha podido llegar hasta Santa Cruz de Tenerife y trabajar durante tres años en la interacción con los niños de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife y el grupo ITER de la ULL.

A quienes me recibieron en su casa como uno más de su familia, en el Seminario Diocesano de Tenerife. A D. Juan Pedro Rivero, rector del Seminario y a todos los formadores: Pablo Álvarez, Eduardo Rodríguez, Agustín Sanabria y Roberto Darias; muchos son los momentos compartidos, y juntos hemos superado muchas adversidades. A la comunidad de Misioneros y Misioneras Identes que me acogieron en su institución y me enseñaron en las palabras de Fernando Rielo a *mirar la tierra desde el cielo* y a no perder nunca la fe; gracias Valentín por estar siempre disponible para darme un consejo, escucharme y motivarme a seguir; la obra recién inicia y con la bendición de Dios tendrá muchos frutos.

A toda mi familia, para quienes va todo este esfuerzo. A mis padres que desde la humildad de nuestro hogar supieron formarme en valores y en la fe, y que con sus oraciones siempre me acompañan. A la memoria de mis abuelos Amorfilia y Salvador, y a Polito y Dorita. A todos mis hermanos que de una u otra forma hacen que la familia siga creciendo, en especial a mis hermanas Tania y Sonia que me recibieron en Madrid, y estuvieron siempre al pendiente de las necesidades que se pudieran presentar lejos de casa; Daniel, Ely, Jaime, Verito y Angel, somos una familia muy bendecida, y el ejemplo ha sido de siempre apoyarnos como hermanos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Y de forma muy especial a mi esposa Andrea y mis hijos: Pablo, Steve y Paula; son ustedes la más grande de las bendiciones que he recibido en mi vida. Gracias por ser fuertes y darme el ejemplo desde su esfuerzo de que todo es posible. Sus oraciones junto a las de nuestros padres se sintieron ahí en donde la fortaleza humana ya desmaya pero el espíritu no se doblega. Pablo y Steve, si algún día soy grande, estoy seguro que seré tan fuerte como ustedes dos, los amo y admiro hijos míos. Gracias Andrea, juntos seguimos construyendo y sembrando en nuestro hogar.

A toda la comunidad científica que ha revisado y avalado los resultados presentados en los estudios que forman parte de este estudio. Mi compromiso para continuar realizando investigación que permita mejor calidad de vida a quienes por tanto tiempo han sido relegados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Índice General

Agradecimiento .....	iii
Índice General .....	viii
Índice de Figuras .....	xvi
Índice de Tablas .....	xix
Índice de Ecuaciones .....	xxi
Siglas, acrónimos y símbolos .....	xxii
CAPITULO I.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1. Contexto de la investigación realizada .....	3
1.2. Exposición del Problema .....	6
1.3. Breve estudio etnográfico de la ATT21 “Down Tenerife” .....	9
1.4. Organización y estructura del trabajo.....	11
PARTE I: MARCO TEÓRICO .....	14
CAPITULO II .....	15
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	15
2.1. RASGOS DE PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN.....	16
2.1.1. Definición .....	16
2.1.2. Causas .....	16
2.1.3. Características Biológicas y Psicológicas.....	17
2.1.3.1. Características faciales .....	19
2.1.3.2. Motricidad.....	20

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



2.1.3.3.	Desarrollo sensorial visual y auditivo .....	22
2.1.3.4.	Desarrollo afectivo e interpersonal.....	23
2.1.3.5.	Habilidades cognitivas y de Memoria .....	24
2.1.3.6.	Desarrollo cardio-respiratorio .....	25
2.1.3.7.	Habilidades de lecto-escritura .....	26
2.2.	EDUCACIÓN PARA POBLACIÓN CON SINDROME DE DOWN .....	28
2.2.1.	Teorías y Modelos Educativos .....	32
2.2.2.	Adaptaciones curriculares .....	36
2.2.3.	Los Recursos Didácticos Personalizados.....	39
2.3.	INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR (IPO).....	42
2.3.1.	Contexto Histórico .....	43
2.3.2.	IPO como campo emergente de las Ciencias de la Computación .....	44
2.3.3.	Experiencia de Usuario .....	46
2.3.3.1.	Usabilidad .....	46
2.3.3.2.	Experiencia Afectiva de Usuario (UAX).....	50
2.3.4.	Interfaces naturales de Interacción de usuario .....	53
2.3.5.	Interacción en ambientes educativos inclusivos .....	55
CAPITULO III.....		57
3.	REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	58
3.1.	INTRODUCCIÓN A REVISIÓN DE LITERATURA.....	59
3.2.	MÉTODO .....	61
3.2.1.	Planeación.....	62
3.2.1.1.	Estado actual de la Interacción Natural .....	62
3.2.1.2.	Preguntas de Investigación.....	66

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

3.2.1.3.	Selección de Revistas .....	67
3.2.1.4.	Definición de criterios de inclusión y exclusión de estudios .....	72
3.2.1.5.	Definición de categorías para el análisis .....	75
3.2.2.	Realizar la revisión.....	78
3.2.2.1.	Selección de estudios .....	78
3.2.2.2.	Extracción, síntesis y codificación de datos .....	81
3.2.3.	Reportar la Revisión.....	84
3.3.	DISCUSIÓN SOBRE REVISIÓN DE LITERATURA.....	91
3.4.	CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA .....	97
PARTE II: METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO .....		99
CAPITULO IV .....		100
4.	PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	100
4.1.	DISEÑO GENERAL DE INVESTIGACIÓN.....	101
4.1.1.	Preguntas de Investigación.....	101
4.1.2.	Objetivos de Investigación .....	102
4.1.3.	Planteamiento de hipótesis .....	105
4.1.4.	Muestra Poblacional.....	105
4.2.	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	107
4.2.1.	Instrumentos y herramientas de toma de datos .....	107
4.2.1.1.	Tango:H .....	107
4.2.1.2.	Microsoft Kinect .....	113
4.2.1.3.	Diseño de Recursos de Interacción.....	115
4.2.1.4.	Sensores biométricos de frecuencia cardiaca.....	116
4.2.1.5.	Instrumento Observacional extendido de EMODIANA .....	117

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

4.2.1.6.	Dispositivo de seguimiento ocular eye-tracker.....	120
4.2.2.	Instrumentos para procesamiento y análisis .....	121
4.2.2.1.	Microsoft Excel.....	121
4.2.2.2.	RStudio .....	122
4.2.2.3.	Microsoft Visual Studio Profesional 2015 y 2017 .....	124
4.3.	PROCEDIMIENTOS GENERALES DE INVESTIGACIÓN.....	125
4.3.1.	Interacción en aula de clase con niños y niñas con SD.....	125
4.3.1.1.	Pre-test .....	126
4.3.1.2.	Test .....	128
4.3.1.3.	Post-test.....	129
4.3.2.	Interacción con Eye-tracker.....	129
4.3.3.	Interacción con sensores biométricos de frecuencia cardiaca .....	131
4.3.4.	Observación de emociones en videos .....	135
CAPITULO V	.....	137
5.	VALORACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS DIGITALES EN ENTORNO DE INTERACCIÓN GESTUAL TANGO:H.....	137
5.1.	ESTUDIO DE USABILIDAD DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN.....	138
5.1.1.	Introducción al estudio .....	139
5.1.2.	Metodología.....	142
5.1.2.1.	Recursos de Interacción .....	142
5.1.2.2.	Instrumentos de interacción, toma de datos y análisis de resultados .	143
5.1.2.3.	Método.....	145
5.1.2.4.	Procedimiento .....	147

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

5.1.3. Resultados .....	147
5.1.3.1. Eficacia .....	147
5.1.3.1.1. Métricas de eficacia ISO/IEC 9126-4:2004 .....	148
5.1.3.1.2. Método de Ponsa (2014) .....	150
5.1.3.2. Eficiencia .....	151
5.1.3.3. Facilidad de Aprendizaje (Learnability) .....	153
5.1.3.4. Satisfacción (ISO/IEC 9126-4) .....	155
5.1.4. Discusión .....	157
5.1.5. Conclusiones .....	159
CAPITULO VI.....	161
6. COMPUTACIÓN AFECTIVA EN PERSONAS CON SINDROME DE DOWN DESDE IPO GESTUAL EN AULA DE CLASE .....	161
6.1. EXPERIENCIA AFECTIVA DE USUARIO EN PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN (UAX-DS): MODELO MULTIMODAL DESDE AULA DE CLASE CON PLATAFORMA DE INTERACCIÓN GESTUAL.....	162
6.1.1. Introducción .....	163
6.1.2. Enfoque de UAX-DS en entornos de Interacción Gestual .....	165
6.1.2.1. Fase 1: Recolección de Datos.....	166
6.1.2.1.1. Momento de Interacción .....	167
6.1.2.1.2. Momento de Pre-procesamiento .....	168
Metodología CRISP-DM .....	170
6.1.2.1.3. Conjunto de Datos de Emociones .....	171
6.1.2.2. Fase 2: Correlación de Resultados .....	172
6.1.2.2.1. Método de Correlación Multi-variante.....	172

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

6.1.2.2.2. Modelo de Selección: Análisis de Curvas ROC .....	173
6.1.3. Conclusiones .....	174
6.2. VALIDACIÓN DE UAX-SD DESDE INSTRUMENTO OBSERVACIONAL EMODIANA .....	176
6.2.1. Resumen.....	176
6.2.2. Introducción .....	176
6.2.3. Método .....	178
6.2.3.1. Fase de Recolección de Datos .....	179
6.2.3.1.1. Momento de Interacción .....	179
6.2.3.1.2. Momento de Pre-Procesamiento .....	179
6.2.3.1.3. Datos de Emociones resultantes.....	184
6.2.4. Conclusiones .....	184
6.3. CORPUS DE EMOCIONES EN VIDEOS DE PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN EN AULA DE CLASE.....	186
6.3.1. Resumen.....	186
6.3.2. Introducción .....	186
6.3.3. Metodología .....	189
6.3.3.1. Objetivo .....	189
6.3.3.2. Herramientas .....	189
6.3.3.3. Modelos matemáticos y estadísticos.....	191
6.3.3.3.1. Índice Kappa de Cohen.....	191
6.3.3.3.2. Índice de Kappa de Fleiss .....	193
6.3.3.4. Procedimiento General .....	195
6.3.3.5. Validación Corpus desde texto .....	196

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

6.3.3.5.1. Evaluación subjetiva de cada video .....	196
6.3.3.5.2. Establecer ventanas temporales .....	198
6.3.3.5.3. Elaborar corpus de emociones .....	198
6.3.3.5.4. Validar corpus .....	199
6.3.3.6. Corpus de video .....	201
6.3.3.6.1. Evaluación subjetiva de cada video .....	201
6.3.3.6.2. Establecer ventanas temporales .....	201
6.3.3.6.3. Elaborar corpus de emociones .....	201
6.3.3.6.4. Validar corpus .....	202
6.3.4. Conclusiones .....	204
6.4. VALIDACIÓN DE UAX-DS DESDE EMOCIONES EN FORMATO DE TEXTO.....	205
6.4.1. Resumen.....	205
6.4.2. Introducción .....	205
6.4.3. Método.....	208
6.4.3.1. Objetivo .....	208
6.4.3.2. Fase de Recolección de Datos .....	208
6.4.3.2.1. Momento de Interacción .....	208
6.4.3.2.2. Momento de Pre-Procesamiento .....	209
6.4.4. Conclusiones .....	212
CAPITULO VII.....	214
7. ADAPTACIÓN DE MODELO COMO SOLUCIÓN EN ARQUITECTURA DE SOFTWARE DE SALÓN DE CLASE INTELIGENTE .....	214
7.1. Introducción a SaCI .....	214

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

7.2.	Estado actual de SaCI – UTPL.....	218
7.3.	Arquitectura base de Tango:H.....	222
7.4.	Arquitectura de Software adaptable a SaCI con recursos personalizables e interacción gestual.....	223
7.4.1.	Requerimientos .....	225
7.4.2.	Modelo Propuesto .....	226
8.	CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....	228
8.1.	CONCLUSIONES .....	228
8.2.	FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN .....	231
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	232
	ANEXOS .....	256
	Anexo 1. Publicaciones realizadas durante la investigación .....	257
	Anexo 2. Permisos de los Padres/representantes legales de estudiantes ATT21 .....	268
	Anexo 3. Evidencia fotográfica de interacción con Tango:H en ATT21 .....	269
	Anexo 4. Estructura General del Kit de herramientas Microsoft.Kinect .....	271
	Anexo 5. Configuración y calibración de Tobii X60 XL Eye-Tracker .....	277
	Anexo 6. Formatos de validación de EMODIANA (1 muestra por cada estudiante) .	280
	Anexo 7. Clases de Tango:H Cliente .....	286
	Anexo 8. Detalle de Emociones Básicas.....	287
	Anexo 9. HCI en el contexto de las Ciencias de la Computación según ACM/IEEE.	288

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Índice de Figuras

Figura 1. Número de usuarios por Municipio de procedencia – ATT21 .....	10
<b>Figura 2.</b> Distribución por edades - ATT21 2013 .....	11
Figura 3. Teoría del Fluir - Csikszentmihaly .....	35
Figura 4. Adaptaciones Curriculares para Educación de personas con SD .....	39
Figura 7. Flujoograma para Selección de Revistas temáticas .....	68
Figura 8. Captura de pantalla de la búsqueda en la plataforma <i>ScienceDirect</i> en modo Advanced .....	80
Figura 9. Artículos revisados por revista .....	81
Figura 10. Estándares de interacción gestual .....	86
Figura 11. Necesidad Especial: nombre y cantidad .....	91
Figura 12. Objetivo y Propiedades – Tango:H Designer .....	108
Figura 13. Entorno de Diseño de Usuario – Tango:H Designer .....	110
Figura 14. Puntuación obtenida – Tango:H Cliente .....	112
Figura 15. Vista Interna del Sensor Kinect .....	113
Figura 16. Estructura de recursos didácticos de interacción para Tango:H .....	115
Figura 17. Sensores biométricos de frecuencia cardiaca .....	116
Figura 18. Instrumento de Evaluación Emocional para niños y niñas - EMODIANA ...	118
Figura 19. Instrumento de observación emocional continua desde EMODIANA .....	119
Figura 20. Dispositivo Tobii T60 XL Eye Tracker .....	120
Figura 21. RStudio para análisis de datos en investigación .....	123
Figura 22. Visual Studio 2017 Profesional durante programación de Tango:H v2 .....	124
Figura 23. Esquema general de Interacción con sensores de frecuencia cardiaca .....	131
Figura 24. Pasos para colocar cinturón cardifrecuenciómetro .....	132
Figura 25. Vinculación de cinturón cardifrecuenciómetro al reloj .....	132
Figura 26. Configuración de usuarios en Geonaute Software .....	133
Figura 27. Importar datos desde reloj a Geonaute Software .....	134

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



<b>Figura 28.</b> Formato de exportación de archivos desde Geonaute Software.....	134
Figura 29. Ejemplo de archivo llenado por anotador .....	135
Figura 30. Hojas con recursos de interacción para seguimiento ocular. ....	143
Figura 31. Captura de pantalla de parte de los datos organizados en MS Excel .....	145
Figura 32. Dimensión objetiva de las métricas de Usabilidad .....	146
Figura 33. Dimensión Subjetiva de las métricas de Usabilidad .....	147
Figura 34. Resultados de Eficiencia .....	152
Figura 35. Resultados de Facilidad de Aprendizaje .....	154
Figura 36. Resultado de variables de Satisfacción.....	156
Figura 37. Enfoque General de UAX propuesto.....	166
Figura 38. Modelo Marco para estudio de UAX-DS .....	167
Figura 39. Fases de Metodología CRISP-DM .....	169
Figura 40. Detalle de emociones en ventanas de tiempo (datos simulados).....	173
Figura 41. Resultados para curva ROC desde datos simulados .....	174
Figura 42. Modelo de Interacción para Observación estructurada con EMODIANA ....	178
Figura 43. Preparación de Datos desde EMODIANA .....	181
Figura 44. Proceso para paso de video a emociones en texto .....	187
Figura 45. Complemento Real Statistics para Microsoft Excel.....	190
Figura 46. Fases generales para elaborar corpus de emociones .....	195
Figura 47. Pantalla de observación de video en YouTube .....	197
Figura 48. Tupla Frase – Emoción resultante .....	199
Figura 49. Matriz de Concordancia de Kappa de Cohen – MS Excel.....	200
Figura 50. Matriz de relación para Kappa de Fleiss.....	202
Figura 49. Proceso de clasificación de texto.....	210
Figura 51. Modelo Multimodal de reconocimiento de emociones basado en crónicas ..	221
Figura 52. Arquitectura de Tango:H - Estructura general de librerías .....	222
Figura 53. Bussines Logic - TangoH2_k1 .....	223
Figura 54. Arquitectura Macro de Plataforma de Tango:H Smart .....	226
Figura 55. Modelo General de adaptación a la web .....	227

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Figura 56. Arquitectura General KinectInteraction.dll .....	271
Figura 57. Posiciones esqueléticas relativas al cuerpo humano en Kinect .....	274
Figura 58. Conexión de Tobii T60 XL Eye-Tracker.....	277
Figura 59. Eye tracking configuration .....	278
Figura 58. HCI como disciplina de Tecnologías de la Información según ACM/IEEE .	288

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl	
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31	

## Índice de Tablas

Tabla 1. Métodos comunes de evaluación de Usabilidad .....	49
Tabla 2. Sintaxis de búsqueda inicial para estudios de revisión de literatura en el campo de IPO-Gestual (corte a mayo-2016).....	63
Tabla 3. Estudios recientes de revisión de literatura en temas de Interacción Natural de niños y niñas con fines educativos.....	66
Tabla 4. Palabras de <i>thesaurus</i> para la búsqueda de criterios semánticos .....	69
Tabla 5. Listado de Bases de Datos con mayor cantidad de artículos resultado de la búsqueda (rev. May/2016).....	71
Tabla 6. Listado de revistas organizadas por categoría según JCR 2014 - <i>listJournal_2</i> . 73	
Tabla 7. Estructura semántica para la búsqueda de artículos específicos en cada revista	78
Tabla 8. Número de estudios analizados en esta revisión .....	82
Tabla 9. Artículos que aplican estándares ISO 9241-960 e ISO 9241-210 .....	85
Tabla 10. Artículos que aplican sub-categorías de guía de diseño según estándar ISO 9241-210 .....	88
Tabla 11. Artículos según Grupo objeto de Educación (subgrupo UNESCO) y edad.....	89
Tabla 12. Demografía de los dos grupos de participantes evaluados en este estudio .....	106
Tabla 13. Esquema de intervención .....	126
Tabla 14. Resumen de la nomenclatura de archivos generados por anotadores .....	136
Tabla 15. Resultado de Eficacia desde métricas ISO/IEC 9126-4 y Ponsa (2014).....	148
Tabla 17. Clasificación de emociones en positivas y negativas .....	182
Tabla 18. Tabla de Frecuencias o de Contingencias de Doble entrada .....	192
Tabla 19. Valores para interpretación de índice kappa de Cohen .....	193
Tabla 20. Valores para interpretación de índice kappa de Fleiss .....	194
Tabla 21. Formato de toma de datos en texto desde video.....	197
Tabla 22. Resultados de validación de Corpus de texto - Kappa de Cohen .....	200
Tabla 23. Resultado de Kappa de Fleiss .....	203

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Tabla 24. Resultado del entrenamiento del clasificador Nayve Bayes y Multinomial de las conversaciones .....	212
Tabla 25. Propiedades de la Enumeración JointType de Microsoft.Kinect .....	276
Tabla 26. Detalle de Emociones Básicas .....	287

XX

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl	
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31	

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Eficacia en tareas .....	148
Ecuación 2. Tareas Completadas .....	149
Ecuación 3. Frecuencia de Error.....	149
Ecuación 4. Efectividad según Ponsa .....	150
Ecuación 5. Diferencia entre emociones Positivas y Negativas .....	183
Ecuación 6. Índice de kappa de Cohen .....	192
Ecuación 7. Proporción de acuerdos observados .....	192
Ecuación 8. Proporción de acuerdos por azar .....	193
Ecuación 9. Índice Kappa de Fleiss .....	194

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Siglas, acrónimos y símbolos

ATT21	Asociación Tinerfeña de Trisómicos21 “Down Tenerife”
ACI	Aula de Clase Inteligente
EEES	Espacio Europeo de Educación Superior
HCI	Human Computer Interaction
IPO	Interacción Persona Ordenador.
ML	Machine Learning – Aprendizaje Automático
STM	Short Term Memory
SD	Síndrome de Down
Tango:H	Tangible Goals: Health
ULL	Universidad de la Laguna
UX	Experiencia de Usuario
VWM	Visual Working Memory

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Un científico en su laboratorio  
no es solo un técnico,  
es también un niño  
colocado ante fenómenos naturales  
que le impresionan como un cuento de hadas*

**Marie Curie**

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación que se detalla en este informe, se ha realizado como tesis doctoral dentro del programa de doctorado D021 en Ingeniería Informática aplicada a la industria, a la Ingeniería del Software y a los Sistemas y Tecnologías, ofertado por la Universidad de la Laguna (ULL) de España, en el Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas, aprobado según RD 1393/2007 y con aval del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Dentro de las líneas de investigación que trabaja el Departamento y en particular el programa de doctorado, la investigación se ubica en las líneas de: Interacción Persona-Ordenador (IPO), Tecnologías de agentes y eLearning. En el título de la tesis se ha ubicado HCI (Human Computer Interaction) por la universalidad del término, sin embargo en el contexto interno de la obra, se lo relacionará como IPO (Interacción Persona Ordenador), por estar más cercano a la población de habla hispana. Los esfuerzos de investigación están orientados a las necesidades básicas de las personas: salud, seguridad, comunicación, movilidad, energía y medio ambiente, siendo creativos para dar forma a la tecnología, abriendo nuevos caminos desde el diseño de productos y la mejora de los procesos. En este

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



ámbito se ha contado con la tutela de la Dra. Carina Soledad González González, profesora titular (acreditada a Catedrática de Universidad en Ingeniería y Arquitectura) de la Universidad de la Laguna y referente en el área de investigación IPO y sistemas inteligentes en educación en Iberoamérica, que ha guiado este trabajo en calidad de Directora, y del Dr. Alfonso Infante Moro, profesor colaborador de la Universidad de Huelva, experto en las áreas de sistemas digitales de información, usabilidad, accesibilidad y e-learning, como codirector del trabajo.

La investigación inicia en el período académico 2014-2015 con una revisión sistemática de Literatura y la adaptación de la plataforma Tango:H al proceso de formación académica en la Asociación de Trisómicos 21 “Down Tenerife” (ATT21), donde se obtuvieron datos generales de interacción siguiendo una metodología de investigación basada en pre-test, estimulación, pos-test; esta metodología se replica agregando instrumentos de medición en el segundo año. Los resultados se han analizado siguiendo estándares internacionales de Usabilidad, Experiencia de Usuario (UX) y Computación Afectiva, apoyándose en algoritmos de Aprendizaje Automático (ML por siglas en inglés). Se propone la metodología que hemos denominado UAX-DS (User Affective eXperience-Down Syndrome), desde las áreas antes citadas, con validación específica en personas con Síndrome de Down, empero, con posible aplicación a la población general. Los resultados de cada objetivo y fase se van detallando en el presente informe.

### 1.1. Contexto de la investigación realizada

En los contextos educativos, el aula de clase convencional ha ido adaptando tecnologías para promover mejoras en los procesos de aprendizaje. Los avances tecnológicos en el campo de la computación, específicamente desde su área de Interacción Persona-Ordenador (IPO) estudian las características y cualidades del usuario para promover la adaptación del entorno a sus necesidades y destrezas, siendo en el caso de los

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

niños y niñas con Síndrome de Down aún muy insipiente, con grandes necesidades de propuestas que permitan a esta sensible población aprovechar dichas tecnologías para mejorar su proceso de aprendizaje. IPO es una de las áreas emergentes de las tecnologías de la información, que se fundamenta desde estándares como el ISO 9241-210:2010 *Ergonomics of human-system interaction-Part 210: Human-centred design for interactive systems* (ISO, 2015b) e ISO/DIS 9241-960 *Ergonomics of human-system interaction-Part 960: Framework and guidance for gesture interaction* (ISO, 2015a), para guiar el diseño y desarrollo de prototipos, arquitecturas, dispositivos y recursos de interacción, que permiten su generalización y universalización.

Haciendo un análisis de las tendencias tecnológicas en el ámbito de educación, el Informe NMC Horizon (Johnson, Becker, Estrada, & Freeman, 2015) en la sección de perspectivas tecnológicas de cuatro a cinco años (desde 2015) hace referencia a: *Aprendizaje personalizado*, *Analíticas de Aprendizaje*, y *Aprendizaje Automático*; de alguna forma estas estimaciones han sido el norte en esta investigación, que hace uso de recursos personalizados adaptados desde los materiales educativos convencionales, y presentando al final herramientas para una posterior personalización automática de estos recursos didácticos. Este mismo informe en el año 2017 estima como tendencias en desarrollo tecnológico actual el aprendizaje adaptado, a mediano plazo (3 años) el Internet de las cosas y a largo plazo (5 años) las interfaces de interacción natural junto a la inteligencia artificial; todos estos forman parte integral de esta investigación. Somos conscientes de lo trabajado y también que estamos aportando al desarrollo de la ciencia en el campo de las tecnologías de la información con fines educativos desde la rama de IPO en las Ciencias de la Computación.

La institución que abrió las puertas a esta investigación fue la Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21 “Down Tenerife” de San Cristóbal de La Laguna-España (ATT21). Con el consentimiento de las autoridades y representantes legales de los niños y niñas, se preparó un protocolo de intervención con dos grupos de investigación (control y

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

experimental), una medición previa (pre-test) y una final (pos-test), y un espacio intermedio de estímulo a través de lecciones de interacción gestual con *Tango:H cliente* con el grupo experimental. Para la estimulación de aprendizaje se diseñaron recursos didácticos personalizados en la plataforma *Tango:H Designer*, teniendo como base los recursos usados en el aula de clase convencional y los cuadernos de trabajo. En la intervención realizada en el segundo año, se agregaron además sensores biométricos durante la interacción para conocer la variación de pulsaciones cardiacas en cada momento de la intervención.

El ámbito Pedagógico estuvo presente como eje transversal de toda la investigación, al disponer de una plataforma gamificada como lo es *Tango:H*, que permite entre otras cosas hacer uso de: premios, puntajes basados en interacción, tablas de clasificación, niveles, logros, avatares y objetivos (González-González, Toledo-Delgado, Padrón, Santos, & Cairos, 2013). La teoría de la gamificación aplicada se basa en la propuesta del *Homo Ludens* de Johan Huizinga (Huizinga, 1943, 1998, 2005), la perspectiva social de *los juegos y los hombres* de Roger Caillois (1961) y la *textualidad interactiva* propuesta por Henry Jenkins (Jenkins, 2008, 2009); estos acercamiento toman fuerza en el reciente *conectivismo* que surge desde la ubicuidad del conocimiento desarrollado por George Siemens (Siemens, 2013; Siemens, Schreibman, & Unsworth, 2004) con *Learning Analytics* y el *humanismo digital*, y el *eLearning 2.0* y *Semantic Networks* de Stephen Downes (Downes, 2005, 2009). Las anteriores no se alejan, sino al contrario se complementan en la corriente pedagógica del *constructivismo* propuesto por Jean Piaget (Piaget, 1961, 1962, 1970) donde expone la construcción del conocimiento a partir de la interacción con el medio. Con este fundamento pedagógico, se sostiene una arquitectura de aula de clase, con potencial desarrollo hacia la gamificación, con características de: acumulación de puntaje para escalado de niveles, obtención de premios y regalos, clasificación y agrupación de individuos en función de ranking, puntaje y habilidades de aprendizaje, narrativa de juego con misiones y retos; mismas que como se expuso previamente son posibles de trabajar también en *Tango:H*. Estas características sin embargo deberán ser potenciadas siempre por el profesor, que en

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

primera instancia es quien da inicio al proceso de formación, establece objetivos de aprendizaje generales y crea el grupo de estudiantes para su curso.

## 1.2. Exposición del Problema

En el ámbito social en general y como centro neural de las ciencias, se considera necesario conocer las necesidades humanas y brindarles la atención adecuada para promover una mejor calidad de vida. Una de las mayores fuentes de datos para este objetivo es visible desde la experiencia emocional que las personas puedan compartir durante la interacción y comunicación. Dentro del amplio espectro de las ciencias, son varias las que de una u otra forma dan respuesta a este ámbito, siendo de especial cobertura la Psicología como ciencia fuerte que estudia el comportamiento del ser humano. Para el caso que nos demanda, como parte de las ciencias de la computación, es la Interacción Persona-Ordenador, con una gran relación con las ciencias del comportamiento humano, la que dentro de sus objetivos propone optimizar el uso de los productos interactivos disponibles a través de los diversos dispositivos computarizados tales como dispositivos móviles, aplicaciones web, computadores de escritorio, dispositivos de respuesta automática al usuario, robots de uso doméstico y social, y en general todos aquellos dispositivos que requieren de interacción con las personas para cumplir con las actividades para las cuales fueron diseñados, y establecer patrones y parámetros de comportamiento desde estándares y métodos científicos validados.

La población objeto de estudio corresponde a un grupo sensible, con una patología que presenta por lo general múltiples discapacidades. En los últimos años el esfuerzo por dar una mejora a la educación de las personas con SD ha hecho posible que se los integre en ambientes laborales, y en casos especiales como el de Pablo Pineda, por mencionar alguno, que obtuvo su diploma en Magisterio en la rama de Educación especial, y se encuentra cursando carrera universitaria en Psicopedagogía. En entrevista realizada por *la*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Gaceta* de Argentina expone como el considera que en su caso el 99% de los resultados conseguidos se deben a la educación, estimulación y confianza (La Gaceta, 2016). Las personas con SD tienen un mayor desarrollo de sus capacidades viso-espaciales y su estimulación ha permitido mejoras en el aprendizaje como lo demuestra Haro (2012), González, et al.(2015), Torres-Carrión (2017) entre otros. En el primer caso desde interfaces tangibles, gestuales y realidad aumentada se mejora el grado de atención en niños y niñas con SD en el aula; en el segundo se obtienen mejoras en el aprendizaje de adición y sustracción en pantallas digitales, y en el tercero se consigue mejorar la memoria visomotriz, la memoria de trabajo y el aprendizaje con recursos didácticos con interacción desde MS Kinect. Se han compartido casos puntuales, sin embargo el esfuerzo de la comunidad científica es continuo para promover mejoras en las oportunidades de aprendizaje y calidad de vida de la población con SD.

En referencia a lo antes expuesto, uno de los pilares fundamentales que Angulo, M. Gijón, A. Luna, M. & Prieto (2006) plantean para una escolarización y enseñanza eficiente de personas con discapacidades es *la toma adecuada de decisiones para organizar la atención educativa según las necesidades*; por su parte Martos-Crespo (2006) complementa exponiendo como *el conocimiento y la información sobre las características y necesidades educativas del estudiante con algún tipo de discapacidad contribuyen a mejorar la calidad de la respuesta educativa*. Estos aspectos han sido bien atendidos en las instituciones educativas que prestan sus servicios a esta sensible población, entre ellas la ATT21, donde cada estudiante dispone de su plan curricular adaptado a sus necesidades, y en relación a las exigencias de la Consejería de Educación.

En un estudio preliminar (Torres-Carrión, 2017) se corrobora como desde el uso adecuado de recursos didácticos personalizados con la plataforma de interacción gestual Tango:H es posible mejorar de forma considerable tres aspectos clave en el proceso de aprendizaje de los niños y niñas con SD:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

1. Memoria de trabajo, valorando el factor de recuerdo de los objetos de aprendizaje en períodos de tiempo consecutivos.
2. Aprendizaje, medido desde los errores de conocimiento específico ante estímulos de aprendizaje.
3. Aptitudes cognitivas-visomotoras luego de la estimulación con recursos didácticos, validando la memoria viso-motriz

Con este precedente, y teniendo la base sostenida de este estudio pedagógico se ha visto la necesidad de complementar un estudio desde el ámbito técnico-científico de la Interacción Persona-Ordenador, para conocer desde métricas de eficacia, eficiencia, facilidad de aprendizaje y satisfacción de usuario la usabilidad de los recursos didácticos. Así mismo, teniendo como precedente la predisposición a un mejor aprendizaje desde estimulación viso-espacial establecer patrones de la atención visual con técnicas sostenidas en seguimiento de la mirada sobre imágenes de recursos previamente estudiados.

Este estudio dispone de varias fuentes de reconocimiento de emociones provenientes de los sensores de interacción, evaluación subjetiva a través de la observación sistémica de los docentes y recursos de video grabados de todas las interacciones. Los datos están disponibles para ser analizados desde técnicas y estándares propios de UX como son observadores/anotadores para la transcripción de texto y valoración de emociones subjetivas desde los videos y algoritmos de Aprendizaje Automático para la detección de emociones desde texto e imagen.

Finalmente, desde diálogo con profesores y expertos del área de educación que han tenido contacto con la plataforma Tango:H, se ha visto que es necesario adaptar y diseñar métodos para medir la experiencia del usuario y luego adaptarlo a la plataforma origen de interacción, con fines de validación y posterior apertura a la comunidad científica y

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

sociedad en general. Los resultados serán un insumo para la mejora en el diseño de la interfaz de interacción a partir de los aspectos obtenidos de usabilidad y experiencia de usuario con los recursos diseñados para la población específica de niños y niñas con Síndrome de Down. Estos resultados también son requeridos en otros ámbitos del diseño de productos tecnológicos.

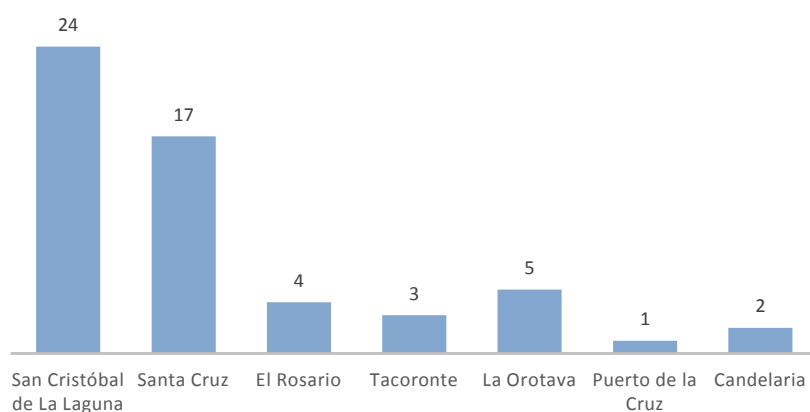
### 1.3. Breve estudio etnográfico de la ATT21 “Down Tenerife”

La Asociación Tinerfeña Trisómicos 21 – Down Tenerife (ATT21) inicia su historia en el año 1990, con la iniciativa de dos profesores del Departamento de Didáctica e Investigación Educativa y del Comportamiento de la Universidad de La Laguna, con la propuesta y puesta en marcha del Proyecto de Investigación sobre “Interacciones entre desarrollo lingüístico y psicomotor con niños y niñas en edad preescolar: pautas para un modelo educativo” dirigido a 6 niños y niñas con síndrome de Down. Al finalizar el proyecto en el año 1993, los padres y madres de los/as niños/as involucrados hacen manifiesto el deseo de continuar al ver que el trabajo había muy tan buenos resultados. Fue constituida el 3 de julio de 1993, con número de inscripción en el Registro de Asociaciones de Canarias G1/S1/7661-93/TF, como un colectivo de Personas con Síndrome de Down, con domicilio en c/ Henry Dunant s/n (antiguo IES José de Anchieta) CP 38203 La Laguna. Pertenece a la Federación Española de Síndrome de Down, siendo además Entidad Colaboradora en la prestación de Servicios Sociales número SC/TF/03/378 (3/07/1996); fue declarada de Utilidad Pública en agosto de 2002 y ha sido acreedora del premio CEPESA al Valor Social 2010, así como el premio metropolitano de Tenerife S.A. a la movilidad sostenible en 2011. (Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, 2012)

La asociación se rige por una Junta Directiva formada por 8 representantes legales de personas con síndrome de Down. Presta sus servicios de atención mediante el trabajo diario de 13 profesionales de diversas áreas del conocimiento:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- 1 Coordinadora educativa
- 1 Monitor de Taller
- 5 Educadores
- 2 Logopedas
- 1 Fisioterapeuta
- 1 Trabajadora Social
- 1 Auxiliar Administrativa
- 1 Personal de apoyo



**Figura 1.** Número de usuarios por Municipio de procedencia – ATT21

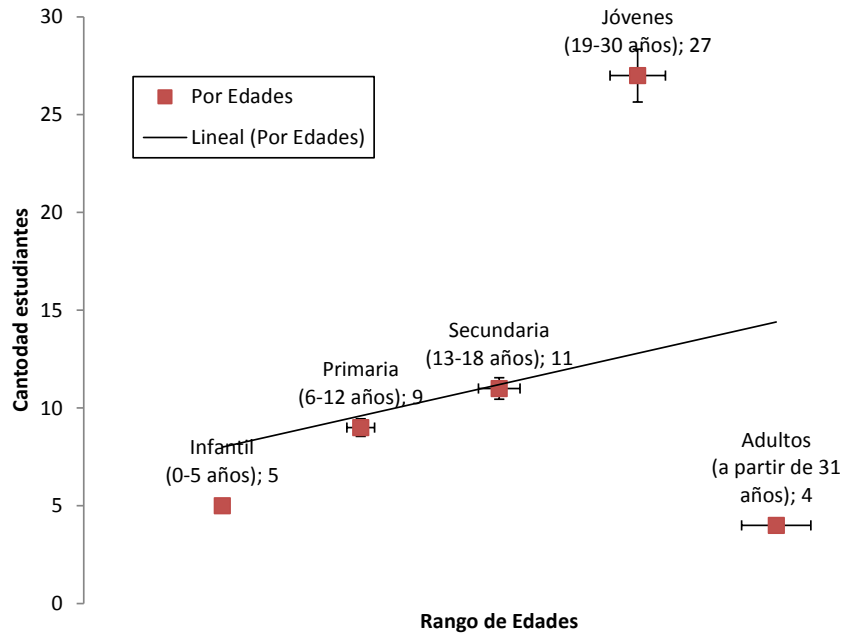
Fuente: Investigación previa de Torres-Carrión (2017, p. 11)

Su cobertura de servicio involucra a usuarios de diversos municipios de la isla, siendo mayoritaria en San Cristóbal de la Laguna y Santa Cruz de Tenerife, como se muestra en Figura 3 (Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, 2012). En cuanto a las edades, indicar que su trabajo inicia con niños y niñas que aún no cumplen su primer año

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



y que superan los 31 años de edad. La mayoría de los usuarios son jóvenes entre 19 y 30 años de edad, que participan en los diversos talleres que emprende la Asociación con perspectiva de inclusión laboral.



**Figura 2.** Distribución por edades - ATT21 2013

Fuente: Investigación previa de Torres-Carrión (2017, p. 12)

#### 1.4. Organización y estructura del trabajo

El informe está organizado en un capítulo introductorio y dos partes principales donde se detalla el estudio: la primera corresponde al Marco Teórico General, y la segunda a la Metodología y trabajo de campo. De forma preliminar se presenta un capítulo que

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

corresponde a la Introducción general del estudio, que acerca al lector hacia los objetivos y contexto de la investigación. Este primer contacto permite comprender el alcance del trabajo, y orienta sobre cada uno de los aspectos técnicos, metodológicos y científicos que componen la investigación, haciendo más fácil su lectura.

En la primera parte se presentan dos capítulos que engloban el contexto teórico y científico desde el cual se ha propuesto la investigación. En capítulo II, con el cual inicia esta primera parte se exponen las dos principales áreas de estudio. Se inicia con una conceptualización y tipologías de las personas con Trisomía 21, haciendo énfasis en sus capacidades cognitivas y motrices que son las que nos ocupan en este estudio. En posterior se expone a la Interacción Persona-Ordenador como parte de las ciencias de la computación, así como las métricas que sostienen la Usabilidad de recursos y dispositivos, al igual que a la Experiencia de Usuario, enfocando el ámbito de la variación emocional del usuario. Finalmente se presentan algunas plataformas de interacción gestual y las características de estas. El capítulo III presenta un estudio detallado del estado del arte referente a estudio de IPO sobre ambientes educativos con interacción gestual, con énfasis en personas con discapacidad y SD. Se plantean cinco preguntas de investigación para sostener la revisión de literatura que se hace de forma esquemática, generando un modelo propio para la búsqueda, filtrado, selección y análisis de los estudios resultantes. Estos dos capítulos contienen la base para la discusión que se presenta en la parte final de la investigación.

La segunda parte corresponde a la investigación propiamente dicha y está compuesta por dos capítulos. El capítulo IV presenta el planteamiento metodológico UAX-DS, haciendo referencia a las herramientas utilizadas en cada uno de los momentos de estudio, es decir en la fase de interacción y captura de datos, y posteriormente en los estudios de Usabilidad y UAX para personas con SD. Se expone los recursos generales de investigación utilizados durante todo el proceso, tales como la adaptación de EMODIANA y la plataforma Tango:H. Para mejor comprensión en esta sección de presenta un contexto

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

general de la metodología del estudio, para ir detallando en cada caso particular del capítulo V los instrumentos de toma de datos, organización y análisis.

El capítulo V y VI complementan la segunda parte y contiene el detalle de cada uno de los estudios de forma particular que han permitido ir dando respuesta a las hipótesis de investigación. Son dos los contextos del estudio: Usabilidad y UX; de los cuales se desprenden varios sub-estudios. En el primer caso se exponen los patrones de atención visual desde un estudio con un dispositivo de seguimiento de la mirada; y una medición de eficiencia, eficacia, facilidad de aprendizaje y satisfacción de usuario respecto de los recursos didácticos y la plataforma de interacción gestual. En el segundo caso se realiza un estudio de UAX-DS desde diversas fuentes de reconocimiento de emociones tanto objetivas como subjetivas, entre las que se encuentran: observación sistemática con adaptación de EMODIANA, análisis de video desde la comprensión de texto y de forma subjetiva desde observación sistemática. Se presenta como uno de los resultados un corpus de datos validado que contiene los videos y texto relacionado. Igualmente se presenta una validación complementaria de los modelos de aprendizaje automático obtenido del estudio de UAX-DS.

El informe se complementa con una propuesta de adaptación de la plataforma de interacción Tango:H a un modelo de aula de clase inteligente, teniendo en cuenta los algoritmos entrenados obtenidos del estudio de UAX-DS. Ya en la parte final se presenta a modo de resumen las conclusiones generales de la investigación, mencionando las líneas de investigación futuras. En anexos se han ubicado algunos documentos que se ha considerado importantes para el lector y que sirven como complemento para la validación general del estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Cambiar el mundo,  
amigo Sancho,  
no es locura ni utopía,  
sino justicia*

## PARTE I: MARCO TEÓRICO

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este capítulo tiene como objetivo establecer una base teórica de los ámbitos fundamentales del estudio. Se inicia presentando una conceptualización y tipologías de las personas con Trisomía 21, haciendo énfasis en sus capacidades cognitivas y motrices que son las que nos ocupan en este estudio. En posterior se expone a la Interacción Persona-Ordenador como parte de las ciencias de la computación, así como las métricas que sostienen la Usabilidad de recursos y dispositivos, al igual que a la Experiencia de Usuario, enfocando el ámbito de la variación emocional del usuario. Finalmente se presentan algunas plataformas de interacción gestual y las características de estas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 2.1. RASGOS DE PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN

### 2.1.1. Definición

El Síndrome de Down (SD) es un trastorno genético originado durante el proceso meiótico, producido por la alteración del cromosoma 21, provocando una trisomía que afecta la forma en que se desarrollan las capacidades físicas y cognitivas (Nadel, 2003). Fue el médico *John Langdon Down*, que en 1866 describió unas características comunes presentada por un grupo particular de personas con retraso mental, y que por tener un pliegue en el ángulo interior de los ojos, se semeja con las razas orientales, por lo cual en un inicio se conoció como *mongolismo*; hoy en día es conocido como Síndrome de Down o Trisomía 21 (Smith & Berg, 1978). El síndrome de Down es una enfermedad genética que ocurre con gran frecuencia; se estima que aparece en uno de cada 660 nacidos vivos. La calidad de vida y el entorno social de los afectados frecuentemente experimenta dificultades ante las implicaciones propias de esta patología; esto, a pesar que existen normas legales que los favorecen, y desde diversas aristas de la ciencia se continúa investigando y proponiendo alternativas para mejorar las oportunidades de convivencia y adaptación en el entorno social, educativo y laboral, que garanticen su pleno desempeño y disfrute de sus derechos como persona humana.

### 2.1.2. Causas

La alteración genética presentada por la copia extra del cromosoma 21 o parte de este, hace que la persona tenga 47 cromosomas, cuando los seres humanos sin esta patología u otra similar tienen generalmente 46 cromosomas en cada célula, 23 heredados de cada uno de los padres, de los cuales 22 pares son denominados *autosomas* y el último par corresponde a los *cromosomas sexuales* X o Y (Desai, 1997; Nadel, 2003). Este cromosoma adicional causa problemas en el desarrollo del cuerpo y cerebro, y provoca

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

generalmente una discapacidad intelectual, y otros aspectos que corresponden a un cuadro clínico variable según el grado de alteración originado.

Santamaría (2009) categoriza en 3 las causas de la trisomía:

- 1) *Trisomía Libre*: Embrión con tres copias del cromosoma 21 en lugar de dos que sería lo habitual, provocado por un error en la división celular, y generalmente se provoca disyunción incompleta del material genético de uno de los progenitores. Este tipo de síndrome de Down, representa el 95% de los casos.
- 2) *Mosaicismo*: En este caso no hay disyunción del cromosoma 21, sin embargo ésta se lleva a cabo en un cromosoma sólo, pero no en todos; estp provoca una mezcla de dos tipos de células: unas con 46 cromosomas y otras que contienen 47, donde se encuentra uno extra en el 21. El Mosaicismo y representa 1% de los casos.
- 3) *Traslocación*: El cromosoma extra o fragmento se encuentra pegado a otros cromosomas, por lo general a uno de los dos cromosomas del par 14. La frecuencia de esta variante representa aproximadamente el 3% de los casos, siendo de gran interés a nivel clínico por el seguimiento que se hace a los progenitores, para comprobar si se produjo por primera vez en el embrión o si uno de los progenitores es el portador de la translocación.

### 2.1.3. Características Biológicas y Psicológicas

En la población con SD los rasgos físicos comunes incluyen problemas auditivos, tamaño reducido de las orejas y boca, ojos inclinados hacia arriba y son además propensos

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

a problemas de cataratas; lo anterior deriva en comportamiento compulsivo, deficiencia en su capacidad de discernimiento, períodos cortos de atención y aprendizaje lento (Diefendorf et al., 1995; Pueschel, Gallagher, Zartler, & Pezzullo, 1987; Santamaría, 2009; Wajuihian & Otabor, 2016). Cada uno desarrolla sus capacidades y habilidades de forma distinta, acorde a sus limitantes genéticas y los estímulos recibidos durante su proceso formativo y terapéutico. Las principales variaciones son visibles en: a) la cabeza puede ser más pequeña de lo normal y no estar bien formada; b) desarrollo físico es por lo general más lento de lo normal; c) Un porcentaje muy alto de nunca alcanzan la estatura adulta promedio (Angulo et al., 2006).

Así de forma general los siguientes serían los rasgos físicos que presentan las personas con SD, y que además pueden presentarse de forma acumulativa, y en diversos grados:

- a) Ojos inclinados hacia arriba
- b) Orejas y boca pequeñas.
- c) Problemas auditivos
- d) Nariz achatada
- e) Manos cortas y anchas con dedos cortos
- f) Reducción del tono muscular
- g) Exceso de piel en la nuca

A los anteriores se suman varias manifestaciones clínicas, que no siempre son evidentes desde el contexto físico, pero que consideramos importante mencionar al contexto global del estudio. Estos son (Gómez Castro & Cruz Zamorano, 2008):

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



- a) Cardiopatías congénitas
- b) Enfermedad tiroidea
- c) Atresia intestinal
- d) Estreñimiento
- e) Leucemias
- f) Problemas pulmonares
- g) Retardo mental
- h) Problemas viso-auditivos
- i) Trastornos de conducta
- j) Displasia de caderas
- k) Alteraciones de columna
- l) Alteraciones del tórax

Por la naturaleza del estudio, se ha considerado tener en cuenta las características del rostro, motricidad, desarrollo afectivo y sensorial, inteligencia interpersonal y habilidades de escolarización.

#### 2.1.3.1. Características faciales

Se presentan variación en el crecimiento del esqueleto, especialmente del cráneo y de los huesos largos, apreciándose un occipucio y puente nasal aplanados, que provocan la aparición de un rostro característica con epicanto (muy común en la mayoría de razas orientales), hendidura palpebral y orejas mal formadas. También es visible hipoplasia mandibular y la cavidad oral pequeña, que provocan una lengua en protrusión (Shapiro, Hermann, & Opitz, 1983). En particular, estas últimas características provocan dificultad en la respiración y problemas de logopedia.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Aunque no corresponde a una característica facial, exponer que tienen un occipucio aplanado, que genera un acortamiento del diámetro anteroposterior del cráneo, presentando un 80% de esta población una braquicefalia (Pueschel, 1995). Además es visible un aplanamiento occipital, debido a que la protuberancia occipital está reducida o ausente (Egozcue, Antich, Ballesta, & Goyanes, 1978). En cuando a medidas cráneo-faciales, estudio (Farkas, Katic, Forrest, & Litsas, 2001) realizado sobre 127 personas con SD, expone como el 63,1% se encontraba dentro de los parámetros considerados normales, y del 36,9% el 90,8% es subnormal y 9,2% como supernormal; la anchura inter-canal tuvo la mayor frecuencia de mediciones óptimas (93,7%, 119 de 127) y la circunferencia de la cabeza la más pequeña (28,6%, 36 de 126); así mismo se encontró que el mayor porcentaje de medidas severamente subnormales está en la región orbital (57,8%, 74 de 128) y el más pequeño en la región labio-oral (32,7%, 16 de 49); una variable importante es el ancho de la nariz que tuvo la menor proporción (14,3%, 1 de 7). Estos datos refieren de forma directa al estudio, teniendo en cuenta que se aplicará algoritmos de reconocimiento de emociones desde rostro. A pesar que se observa diferencias, también es cierto que un porcentaje muy alto no muestra diferencias que puedan impedir discriminar los rasgos faciales del individuo en relación a una persona que no tiene esta patología.

### 2.1.3.2. Motricidad

Como expone Gómez (2008), las personas con SD sufren de alteraciones músculo-esqueléticas, como las costillas en número excesivo, alteraciones del esternón, los dedos y la pelvis. Las alteraciones de la columna cervical comprenden tres tipos de lesiones:

- a) Pobre desarrollo de la vértebra C1
- b) Desplazamiento entre las vértebras C1 - C2
- c) Mala alineación entre las vértebras C1 - C2

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Estas lesiones requieren ciertas precauciones durante la práctica de actividades físicas y deportivas, así como el apropiado manejo por parte de personal e instituciones especializadas, así como en procedimientos quirúrgicos bajo anestesia general. Para nuestro caso, conocer de estas características ha requerido un mayor cuidado con la preparación de los ejercicios de interacción en el salón de clase.

La motricidad de las personas con SD es de necesario estudio, y en el ámbito de educación formal se debe tratar con detalle por parte de los docentes y autoridades. Las aptitudes cognitivas viso-motoras de una persona refieren a la habilidad de integrar la visión con el sistema motor, necesaria para cumplir con acciones motrices guiadas visualmente (Gento Palacios & Sánchez Manzano, 2009). Esta habilidad es la que permite al individuo cumplir de forma síncrona actividades continuas que van desde el sencillo ejercicio de caminar y moverse dentro de un espacio, al de realizar acrobacias, o en el ámbito de motricidad fina referir a la escritura y la pintura. En entornos educativos para personas con SD, esta habilidad se aplica desde los espacios de interacción gestual por computador a través de tabletas, donde se requiere seleccionar objetos de aprendizaje en ambientes de interacción por medio de gestos naturales para el individuo (González-González et al., 2015). Estos ejercicios de pensamiento y razonamiento visual son parte de actividades de aplicación selectiva, discriminativa y de clasificación, que permiten entrenar las habilidades cognitivas de atención, razonamiento y lógica (Buckner & Wheeler, 2001). Para este estudio, al tratarse de una interacción gestual con movimientos corporales y de las extremidades superiores e inferiores, así como la cabeza y manos, es muy importante conocer las limitantes y potencialidades en cuanto a motricidad de las personas con SD. Ha sido visible que son reducidas en comparación a personas sin esta patología, sin embargo le permiten sin problemas una movilidad para interactuar en este ambiente de interacción u otros de similares exigencias motoras.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 2.1.3.3. Desarrollo sensorial visual y auditivo

Los niños y niñas con SD tienen hasta un 60% de posibilidades de presentar un problema visual, un 5% pueden tener cataratas congénitas y un 27% estrabismo, llegando incluso a la pérdida visual debido a consultas tardías por dichas complicaciones. La sordera es también frecuente, y está posiblemente relacionada con una mayor incidencia de problemas como la otitis media y mastoiditis no diagnosticadas. (Gómez Castro & Cruz Zamorano, 2008). Estas dos características sensoriales constituyen unos de los sentidos de gran importancia para los procesos de aprendizaje y estimulación, y las exponemos de forma conjunta por la relación que existe entre estas en la población con SD.

Respecto del desarrollo auditivo, investigadores (Austeng et al., 2013) han valorado el nivel de pérdida auditiva de niños y niñas con SD de 8 años, con una diferencia ( $p = 0,139$ ) no considerada significativa para comparaciones estadísticas; en resumen, se detectó pérdida auditiva de más de 25 dB HL en el mejor oído auditivo en 17/49 individuos (35%). Se encontró pérdida auditiva leve en 13 individuos (26%), moderada en 3 (6%) individuos y severa pérdida auditiva en 1 individuo (2%). Se detectó pérdida auditiva conductiva en 8 individuos (16%), 9 individuos (18%) tuvieron una pérdida auditiva sensorial-neural y una pérdida auditiva mixta en 3 individuos. El nivel medio de audición entre niños y niñas fue 30,0 dB HL (SD 15,7) y 25,5 dB HL (SD 13,7) respectivamente. Estos resultados son importantes en el estudio, ya que conocemos de antemano que los problemas auditivos se podrían tratar desde la normalidad del común de la población, esto aplicable al proceso de formación y escucha de órdenes a cumplir durante la interacción con los recursos.

En el otro ámbito, estimular la memoria de trabajo viso-espacial de entornos de interacción gestual y recursos personalizados es una estrategia didáctica que mejora significativamente las habilidades de lectura en individuos con SD (Torres-Carrión, 2017). Se ha corroborado que las personas con SD son en esencia visuales en el aprendizaje, y si a esto se le suma la opción de interacción por gestos, se logra mantener la motivación propia

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de esta interacción (Navarro, Gonzalez, Castillo, Quirce, & Cairós, 2013). Es desde este ámbito que se ha realizado la intervención de toma de datos y evaluación, que se promueve a través de todo este estudio.

#### 2.1.3.4. Desarrollo afectivo e interpersonal

Las personas con SD son muy afectivas, y sensibles emocionalmente, lo que en varios casos les limita sus relaciones interpersonales. En la etapa de infancia de los niños y niñas con desarrollo típico, el pronto desarrollo del conocimiento emocional se relaciona de forma directa con el éxito académico, siendo así que un mayor conocimiento de la emoción en los preescolares está relacionado con un mayor grado de simpatía dentro del aula de clase entre compañeros y docentes, y en consecuencia una respuesta pro-social a los compañeros y un aprendizaje cooperativo (Denham & Brown, 2010), desarrollando desde temprana edad su inteligencia emocional e interpersonal. En contraste, ciertas características del comportamiento de un infante con SD, a pesar de su comportamiento que generalmente es dulce y tierno, incluyen dificultades para la interacción social (Gómez Castro & Cruz Zamorano, 2008); El niño con SD luego de los 7 años, se muestra frecuentemente alegre, con un agrado mayor por juegos, y en particular por la música; sin embargo son por lo general sensibles al rechazo, y responden de manera colérica, negativa e irascible (Marcelli & Cohen, 2007). Estos aspectos son observados de forma continua por parte de los profesores y tutores, que procuran en lo posible el menor grado de presencia de hechos, eventos o personas que puedan alterar el estado de bienestar del individuo.

Dentro del contexto científico, no hay suficiente evidencia sobre el desarrollo de conocimiento emocional en niños y niñas con SD, que permita concluir si los niños y niñas pequeños tienen las habilidades necesarias y la capacidad de utilizarlos para tener éxito en este ámbito (Channell, Connors, & Barth, 2014). Los resultados de los pocos estudios que han examinado el conocimiento de la emoción en DS sugieren una debilidad relativa en la capacidad de reconocer las expresiones de las emociones de los demás y las propias

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

(Wishart, 2007), siendo varias las investigaciones que sostienen que los niños y niñas con DS tienen problemas en el reconocimiento de las emociones de otros, más allá del nivel esperado de su discapacidad intelectual y social.

El reconocimiento de emociones, con el apoyo de la computación afectiva ha ampliado las fuentes desde las cuales se ha propuesto analizar el posible estado emocional de un individuo; se ha propiciado modelos matemáticos para esta valoración desde los diversos medios bio-psico-sociales que una persona puede expresar sus emociones (Lopatovska & Arapakis, 2011), siendo sin duda una de las promotoras a nivel mundial la profesora Rosalind Picard (Picard, 1995). Como parte de esta investigación ya en el año 2014 se propuso una metodología para medir la evaluación emocional en actividades educativas y de rehabilitación para personas con SD (P. Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, & Mora Carreño, 2014), y en año 2015 se particulariza en el análisis de emociones faciales en el aula de clase (P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015); En el capítulo VI se presenta un modelo de Experiencia Afectiva de Usuario evaluado en personas con Síndrome de Down UAX-DS, adaptable a un contexto multimodal de emociones.

#### 2.1.3.5. Habilidades cognitivas y de Memoria

El desarrollo del sistema neuronal es uno de los que sufren mayor afección. Se observa una alta frecuencia de hipotiroidismo en sus primeros meses de vida, etapa en la que su cerebro es muy vulnerable a las deficiencias de hormonas tiroideas; es por tanto de gran importancia que se controle a tiempo el hipotiroidismo para evitar graves consecuencias sobre el desarrollo intelectual y el aprendizaje de los afectados (Gómez Castro & Cruz Zamorano, 2008). Estudio realizado por Wisniewski & Bobinski (1995), se observa que el 20% de casos con SD presentan un número de neuronas por milímetro cúbico dentro de límites normales, mientras en el 80% restante se observa una disminución del 30-50% de la densidad neuronal. Florez (1994) presenta en investigación

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

alteraciones en el patrón de la transmisión sináptica en las personas con SD que puede explicarse por la estructura anómala de la sinapsis, demostrada en estudios morfológicos. Los anteriores son solamente algunos de varios que exponen las limitantes de las personas con SD en cuanto al desarrollo neuronal, que conforme avanza la edad inicia un proceso acelerado degenerativo. Estos factores influyen directamente en el desarrollo cognitivo, provocando un aprendizaje más lento.

Esta población según escala de WISC tiene un IQ promedio entre 40 y 45, presentándose a partir de 20 y con límite superior que muy rara vez supera los 70. Tienen muy desarrollado en sentimiento de afectividad, y además se ha comprobado que con una didáctica afectiva equilibrada se ha logrado avances significativos en su formación (Marcelli & Cohen, 2007). Como trabajo base, previo a esta investigación se observa que aprenden rápidamente a interactuar con los recursos didácticos de la plataforma de interacción gestual. Esto se evidencia por la continua disminución de los errores no cognitivos presentados en las sesiones iniciales; también tienden a desaparecer a medida que avanza el proceso de experimentación, con mejoras en sus habilidades de interacción gestual (Torres-Carrión, 2017). Esta base previa es alentadora teniendo en cuenta que se ha obtenido ya resultados favorables de aprendizaje desde estas herramientas y experimentación, lo cual procura una fortaleza previa al desarrollo de esta investigación.

#### 2.1.3.6. Desarrollo cardio-respiratorio

El sistema cardio-respiratorio está formado por el aparato cardio-circulatorio, encargado de hacer circular la sangre por todo el organismo; y el aparato respiratorio, cuya misión es poner en contacto el medio interno con el entorno gaseoso que nos rodea. Este sistema es esencial en el desarrollo de las cualidades físicas básicas (resistencia, fuerza, velocidad y flexibilidad) y por tanto del sistema psicomotor de la persona, siendo más sensible en la población con SD (Balic & i Planella, 2003). Como un avance a esta investigación se propone un modelo de experiencia afectiva de usuario que se realiza con

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

la toma de datos desde un sensor que mide el ritmo cardiaco (HR por sus siglas en inglés Heart Rate) del individuo con SD durante su interacción en el aula de clase (P. V. Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, Barba-Guamán, & Torres-Torres, 2017); se expone la existencia de *vestibles* y otros dispositivos de uso personal para monitorear el HR y bio-datos ha fortalecido este campo de la ciencia (Katsis, Katertsidis, & Fotiadis, 2011; Wen et al., 2014), cuyos datos son manejados siguiendo los patrones usados por médicos y psicólogos. Para nuestra investigación, esta variable dentro del bienestar del individuo con SD tiene un contexto experimental directo para la toma de datos de su variación durante la interacción, y además un factor a considerar para evitar que el nivel de exigencia en cuanto a movimiento y posible presión emocional esté interfiriendo en el proceso normal de aprendizaje.

#### 2.1.3.7. Habilidades de lecto-escritura

En el proceso de comprensión lectora, “el desciframiento de los signos escritos y la comprensión de su significado son procesos neurofisiológicos diferentes que pueden desarrollarse a distinta velocidad” y en el caso de las personas con SD es más visible, ya que su avance en la comprensión lectora es mucho más lento que la mecánica lectora (Troncoso & Flórez, 2011). El rol que cumplen los padres en casa es trascendental, y al investigar su comportamiento ante esta habilidad, se ha comprobado que la mayoría son muy optimistas y estimulan de forma continua estas habilidades en sus casas, con actividades extra curriculares (Ricci & Osipova, 2012). Estas variables se han usado para predecir la producción de lenguaje desde su comprensión (R. S. Chapman, Seung, Schwartz, & Bird, 2000). En complemento, se ha demostrado que una pobre discriminación fonológica no está relacionada directamente con una pobre memoria de trabajo visual en población con SD (Purser & Jarrold, 2013). Estas habilidades corresponden a una de las de mayor interés de la comunidad científica-pedagógica, ya que estas habilidades son el inicio del desarrollo de otras varias que se desarrollan a partir de la comprensión de textos a través de la lectura continua.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Desde la Red Nacional de Educación de Down España (Sanjuán Torres & Rodríguez Plaza, 2013) se comparten algunas características de *comunicación* que se tiene que considerar en la población con SD para favorecer su aprendizaje:

- a) Hay una gran variabilidad respecto a la adquisición y desarrollo del lenguaje en el niño o niña con SD, con un ritmo más lento y una adquisición incompleta.
- b) Debido a las dificultades que presenta a nivel fonético-fonológico, comprende mucho más de lo que produce y expresa.
- c) Se tiene que tener especial atención en el tiempo que requieren para dar respuesta en un diálogo; se tiene que tener en cuenta que generalmente son niños que están desmotivados para explicar hechos o acontecimientos; un hecho que afecta esto es la dificultad que tienen para expresarse y el hecho de que los otros no siempre pueden entenderles.
- d) Casi todo el alumnado con síndrome de Down puede llegar a leer de forma comprensiva, siendo recomendable el inicio temprano de este aprendizaje (4 - 5 años). Es necesario que se introduzca la práctica de la lectura lo más pronto posible, con programas adaptados a sus singularidades. No se debe esperar a que aprendan a hablar para introducir la lectura.

En un caso de éxito, se demuestra que con la estimulación desde la memoria visual en una persona con SD se ha logrado compensar los déficit de memoria de trabajo verbal (short-term), requerida para la comprensión lectora (Lecas, Mazaud, Reibel, & Rey, 2011). Como explica Marcelli (2007) las adquisiciones pedagógicas se mantienen limitadas al acceso a los principios básicos de lectura y un esbozo de operaciones matemáticas simples, sin alcanzar en la mayoría de casos las operaciones lógicas. En ambientes de interacción gestual y recursos personalizados para estudiantes con SD, los tiempos requeridos para

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

cumplir con actividades de lectura disminuyen significativamente entre lecciones sobre los mismos contenidos temáticos; estos resultados representan una contribución real y significativa a las ciencias afines: la psicología del aprendizaje, la pedagogía y la interacción hombre-ordenador. Así mismo los estudiantes presentan características de aprendizaje de orden superior, reflejadas en habilidades metalingüísticas, no obtenidas en estudios previos con estimulación periódica de tan poco tiempo, y en la cual incluso se llega a bromear con las respuestas discriminando las correctas y mencionando deliberadamente los errores (Torres-Carrión, 2017). Con estos precedentes, en particular el final, se han planteado actividades de interacción para la comprensión y recuerdo en las prácticas de la lectura, sobre las cuales se desarrollan estudios de Usabilidad y Experiencia de Usuario.

## 2.2. EDUCACIÓN PARA POBLACIÓN CON SINDROME DE DOWN

La educación de los niños y niñas con SD es más eficaz cuanto más temprano se inicie -similar al resto de niños y adultos-, aunque con una mayor necesidad en la personalización de los recursos y estrategias, teniendo especial atención a sus limitaciones de audición y visión, que son considerados los órganos sensoriales que más facilitan su aprendizaje (Boudreau, 2002; F.A Mahmoud, A.F.Belal, & M.K. Helmy, 2014a; Garcia M., Bello M., & Martin M., 2010; González-Aguero et al., 2011; Groen, Laws, Nation, & Bishop, 2006). Se ha demostrado que la población con SD aprende de forma más eficiente si se trabaja su memoria *viso-espacial*, a través de estímulos gestuales con imágenes y objetos que motiven la interacción con objetos de aprendizaje (Bennett, Holmes, & Buckley, 2013; Esteban, Vivas, & Estevez, 2014; Lecas et al., 2011; Torres-Carrión, 2017). Este es solo un rápido recorrido por las potencialidades del aprendizaje de la población con SD, que se han hecho factible el desarrollo de herramientas y métodos adaptables a procesos educativos emergentes.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Teniendo en cuenta lo anterior y como horizonte la estimulación de su potencial modo de aprendizaje, desde el grupo de investigación *Interacción, Tecnología y Educación* (ITED) de la Universidad de la Laguna (ULL) se han planteado varios proyectos que permitan aprovechar las potencialidades de esta sensible población, para desde la adaptación de tecnologías de interacción mejorar el proceso de rehabilitación y educación. En el año 2013 se desarrolla de la plataforma de interacción gestual Tango:H en convenio con *Instituto Tecnológico y de Energías Renovables* (ITER) que ha permitido un primer acercamiento a la interacción gestual de estudiantes de la *Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife* con fines de rehabilitación física (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013; ITER, 2013b). Posteriormente se propone una metodología para la evaluación emocional en actividades educativas y de rehabilitación con personas con SD (P. Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014) y una metodología para evaluación emocional en videojuegos activos UXVA (González-González & Navarro-Adelantado, 2015b); se han realizado actividades de investigación de la mejora de memoria viso-espacial y del aprendizaje con interacción gestual gamificada, análisis de emociones faciales en personas con SD en un aula de clase (P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015) y una propuesta para la personalización de los recursos digitales con interacción gestual humano-computador, aplicable a personas con SD (P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2016b). Las investigaciones siguen ampliándose conforme los resultados obtenidos, con mejoras considerables en los procesos y el aprendizaje.

A partir de su Programa de Enriquecimiento Instrumental (Feuerstein & Hoffman, 1995) Reuven Feuerstein fundamenta y da las claves del nuevo Paradigma mediador aplicable a la Educación Especial de personas con SD; recoge la experiencia práctica y docente, a través de la observación del comportamiento de los mediadores, y las aportaciones de los programas actuales que se orientan a los procesos de enseñanza-aprendizaje centrados en el educando, siendo en este caso el individuo con SD (Kaniel & Feuerstein, 1989; Strauss, Feuerstein, Mintzker, Rand, & Wexler, 1989; Wexler, Peled,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Rand, Mintzker, & Feuerstein, 1986); identifican las tres principales necesidades de los niños y niñas con dificultades de aprendizaje:

- a) La necesidad principal es lograr una modificación cognitiva estructural basada en experiencias de aprendizaje mediadas y funciones cognitivas efectivas.
- b) Evaluarse mediante técnicas de evaluación dinámicas, en oposición a las psicométricas, para que sus dificultades en las funciones cognitivas y en el aprendizaje mediado puedan ser identificadas. Los determinantes de las dificultades son aquellos señalados y convertidos en blancos de ataque enfocado.
- c) Dar forma a un programa integrado de intervención que consta de tres áreas principales: (1) Enriquecimiento instrumental: un programa de intervención para la modificación cognitiva guiado por la Experiencia de Aprendizaje Mediada; (2) métodos y planes de estudio apropiados para responder a las necesidades particulares del niño; (3) un ambiente que crea la necesidad de un cambio estructural. Ubicar estas áreas en un sistema integral asegura que se satisfagan las necesidades primarias del estudiante con dificultades de aprendizaje.

Complementado la propuesta de Feuerstein, en el aula se debe priorizar todas aquellas estrategias que orienten hacia el trato y seguimiento personal del proceso de aprendizaje del alumno, por lo cual expertos (Sanjuán Torres & Rodríguez Plaza, 2013) de la Red Nacional de Educación de Down España, proponen algunos aspectos generales que en base a su experiencia favorecen el aprendizaje:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- a) El tiempo de respuesta es por lo general más largo. Esto debido al procesamiento de la información y toma de decisiones en el momento de actuar, que por su reducida sinapsis requiere de un mayor tiempo para emitir una respuesta.
- b) Trabajar desde lo concreto a lo abstracto, iniciando con ejercicios prácticos que lleven a conclusiones teóricas, desde lo manipulativo a lo conceptual.
- c) La información que se propone desde el canal visual-motor facilita el procesamiento de la información. Esto ha sido corroborado (Torres-Carrión, 2017), con mejoras en el aprendizaje al interactuar con recursos didácticos en un entorno de interacción gestual, estimulando la memoria viso-motriz. Se obtienen mejores resultados cuando se les presenta la actividad visualmente y cuando la respuesta se puede expresar de manera manual, señalando o seleccionando.
- d) Requieren de mayor número de ejemplos para alcanzar el mismo grado de conocimiento que una persona de la misma edad sin SD. El incremento de ejercicios, de práctica, ensayos y repeticiones que los demás niños y niñas hace que el aprendizaje resulte más costoso para una persona con SD.
- e) Lo que saben y que han demostrado dominar esta habilidad en una determinada situación no puede llevarnos a inferir que serán capaces de realizarla en otras circunstancias distintas. Por tanto es necesario no dar por supuesto nada, tanto en lo que respecta a tener o no una habilidad o conocimiento. Es común que demuestren una gran desproporción entre algunos de los conocimientos que poseen y otros, incluso algunos sencillos no domina y algunas tareas más complejas las pueden desarrollar; por tanto no es preciso realizar generalización de los aprendizajes.
- f) Se debe favorecer el aprendizaje autónomo, evitando la permanente dependencia del docente o compañeros. En su entorno es habitual tener siempre la atención

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de su entorno social, por tanto en el aula es necesario prescindir de esa dependencia con actividades que le brinden autonomía.

- g) La evaluación al igual que su proceso de formación debe darse desde sus capacidades reales y niveles de aprendizaje individuales.
- h) Como se expondrá en posterior en este capítulo, es primordial que se planifique un currículo accesible, adaptable desde los libros de texto convencionales, siguiendo algunas estrategias que singularicen su aprendizaje y les permitan a la vez incluirse en el sistema de educación tradicional. Los aprendizajes deben ser eminentemente funcionales y útiles para desenvolverse en la vida cotidiana.

### 2.2.1. Teorías y Modelos Educativos

En el proceso continuo de las teorías que dan sostenimiento a las propuestas de educación y formación, se han propuesto a lo largo de la historia varios modelos y teorías, todas en contexto al desarrollo social y tecnológico de cada época. En esta investigación se ha creído conveniente compartir un sustento teórico también del proceso educativo, teniendo en cuenta que la experimentación se ha hecho desde un aula de clase, y con un eje transversal y objetivo de mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes con SD.

El desarrollo cognitivo se da en varias etapas según Piaget: sensorio-motriz, de pensamiento preoperatorio, de pensamiento concreto y de pensamiento formal. En cada una de ellas el individuo crece, iniciando en la percepción de objetos, que luego se transforman en símbolos, en estructuras dinámicas y finalmente en hipótesis y conceptos (Piaget, 1970). Como parte del ámbito educativo, empero en una perspectiva psicodinámica cobra especial importancia toda la teoría psicoanalítica del desarrollo de la personalidad. Podemos citar las tres etapas básicas del desarrollo que propone Freud: infancia temprana, periodo de latencia y pubertad; y a Ericsson, quien señala que en cada etapa la persona debe superar una crisis de desarrollo, tal como lo indicaba Piaget respecto a la evolución del intelecto.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Para lograr este desarrollo social, al igual que en el caso anterior mucho depende de la etapa en la cual se encuentre el estudiante. Por ejemplo en su etapa de Pubertad, la socialización juego uno de los roles más importantes en su formación. La interacción a través de campeonatos deportivos intercolegiales, o entre jorgas, permite ampliar el nivel de socialización, creando nuevos vínculos, nuevas amistades, muchas de las cuales se fortalecen inclusive hasta la práctica profesional de un individuo

El profesor de la Universidad de Oxford, Cristóbal Cobo (Cobo Romaní, 2007, p. 7) presenta un mapa con un rango de capacidades cognitivas, entre las que se encuentran:

- Capacidad de Innovación.
- Creatividad.
- Alfabetización Digital.
- Producción de conocimiento.
- Capacidad para resolver problemas desde diferentes contextos.
- Habilidad para usar diferentes recursos tecnológicos.
- Uso inteligente del manejo de información y conocimiento.
- Invención e intuición.
- Adaptabilidad a diferentes contextos/ambientes.
- Pensamiento analítico.
- Habilidad de aprender mediante acercamientos experimentales (aprendizaje empírico), entre otras que relacionan al aprendizaje en red.

Refiere además a la necesidad de *incluir aspectos tecnológicos en la conceptualización de los modelos educativos*. El momento en el cual el “inició su auge” el *Conectivismo*, los jóvenes (y niños y niñas desde muy temprana edad actualmente) están viviendo el período de la historia humana más conectado y más impulsado por la información. Se ha establecido una gran facilidad tecnológica para construir redes, lo que

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

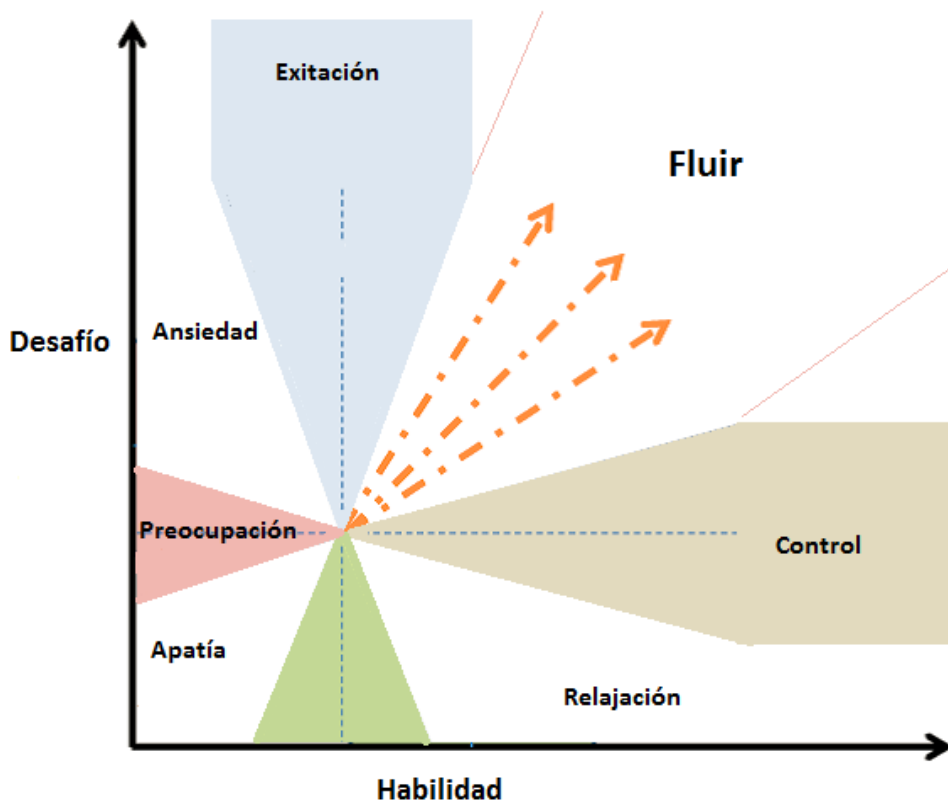
pone de manifiesto la premura que tienen para aprender si se dan las condiciones adecuadas (Gerver, 2010).

Pero esta nueva tendencia, tiene como base aportes previos que se han organizado en los últimos años detrás del denominado *constructivismo*, como teoría que explica los procesos de aprendizaje a partir de los conocimientos previamente adquiridos por el individuo. Entre sus exponentes destaca Vygostsky (1995) con la propuesta de la *Zona de Desarrollo Próximo ZDP*, que promueve junto al *Andamiaje* de Jerome Bruner (Bruner, 1990, 2009) establecer siempre como punto de partida los conocimientos actuales del individuo y sus estructuras cognitivas detrás de estos conocimientos (Piaget & Gabain, 1932; Piaget & Inhelder, 1967). El constructivismo y sus variantes se aplican en gran parte de los sistemas educativos a nivel mundial, con resultados que promueven buenas prácticas y continuas mejoras y propuestas de diseño curricular.

En otro ámbito, y aunque de forma directa en primer momento no sea visualizado en el contexto informático y de eLearning, la psicopedagogía cognitiva está comenzando a adentrarse con gran fuerza en las propuestas de eLearning, y en especial a ser parte integral de los modelos de Inteligencia Artificial que se proponen para entornos educativos detrás del comportamiento del individuo, las emociones y la creatividad. Resaltan por tanto en este espacio el estudio de los *estilos de pensamiento* de Robert Sternberg (Sternberg, 1999) como perfiles base de estilos, argumentando que ciertas aptitudes suelen ser poco desarrolladas, no por falta de talento, sino a causa del conflicto que se establece entre nuestro estilo de pensamiento y el aprendizaje que se nos impone. A este lineamiento se suman las estructuras de la mente e *inteligencias múltiples* de Howard Gardner (Gardner, 2001): lógica matemática, intrapersonal, kinestésica, espacial, interpersonal, lingüística y musical; para Gardner la inteligencia académica (títulos, méritos, expediente...) no es un factor decisivo para conocer la inteligencia de una persona, ya que esta puede desarrollar de forma exponencial inteligencias estimuladas acorde a su contexto, como un futbolista, bailarín, cantante, etc.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31





**Figura 3.** Teoría del Fluir - Csikszentmihalyi

Fuente: Adaptación desde (Csikszentmihalyi, 2006)

De forma singular, Daniel Goleman y Julian de Zubiría hacen énfasis en la *inteligencia emocional* (De Zubiría, 1999; Goleman, 2011a), desde cuya teoría se han sostenido varios de los modelos matemáticos que se expondrán en el capítulo VI. Nuestro estado emocional influye directamente en las decisiones que tomamos cada día, y dentro de estas en el bien estar durante el proceso de aprendizaje. Mihaly (Csikszentmihalyi, 2006) lo explica de forma sencilla a través de su teoría del fluir, que ha sido muy citada, sobre todo para quienes evalúan la Experiencia de Usuario (UX) y entornos gamificados. De acuerdo a esta teoría se debe de mantener el equilibrio entre el grado de habilidad y el

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

desafío, de tal forma que se produzca el *fluir* durante el cumplimiento de la actividad; si el grado de habilidad es mayor al desafío el individuo se relaja, pudiendo inclusive llegar al aburrimiento; al contrario si es mayor el desafío a la habilidad se produce preocupación y ansiedad por parte del individuo.

En la parte final de este apartado se comparte el enfoque metodológico que se seleccionó para el proceso educativo en la fase de toma de datos. El método de *Enseñanza Libre de Improvisación - ELI* (Ferreiro, 2012; Ferreiro & Espino, 2009) que ha tenido gran apertura a nivel general, particularmente en instituciones educativas de México y EE.UU; su propuesta, que se fundamenta en el aprendizaje cooperativo, abarca todos los momentos del proceso de aprendizaje, guiando al profesor y estudiante en esta tarea conjunta de hacer propio un conocimiento. La planificación en el proceso educativo es primordial, necesaria y obligatoria, un derecho de quien se educa y una obligación del docente.

### 2.2.2. Adaptaciones curriculares

La adaptación curricular desde los libros de texto es una práctica común en las instituciones de educación especial, teniendo como objetivo la inclusión del individuo en el sistema de escolarización, y brindar apoyo escolar complementario desde un entorno síncrono al trabajado en las escuelas. Como expone (Ruiz Sánchez, López Moreno, & Casado Molina, 2010) la aplicación y puesta en desarrollo de las adaptaciones supone una mejora sustancial, no sólo a nivel de integración en el aula, sino también a nivel conductual y académico. Como resultados iniciales, tras un periodo de tiempo de trabajo con estos materiales adaptados, han observado que los niños y niñas mejoran su autoestima, su motivación ante el trabajo, su ilusión, sus habilidades sociales, su autonomía, su rendimiento académico, su comprensión, su vocabulario, etc.

En España este proceso se rige por el *DECRETO 147/2002, de 14 de mayo, en su artículo 14*, sobre colaboración con otras entidades, en donde se expone que la Consejería de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Educación y Ciencia colaborará mediante acuerdos, convenios con otras instituciones y entidades sin ánimo de lucro para la realización de actividades complementarias destinadas a mejorar la atención de los alumnos y las alumnas con discapacidad. En esta adaptación, como sugiere (Ruiz Sánchez et al., 2010), se realiza en función de las características del niño/a con síndrome de Down al que va dirigida, por tanto, hay que considerar los siguientes aspectos del alumno/a:

- a) Nivel de comprensión lectora.
- b) Vocabulario común del niño/a.
- c) Nivel de escritura.
- d) Tipo de letra que el niño/a lee (enlazada o imprenta).
- e) Tamaño de letra (18-20).
- f) Capacidad de retención.

Y en el ámbito general de currículo considerar también:

- a) Los objetivos mínimos establecidos por el currículo.
- b) Los contenidos propios del curso.
- c) Los aspectos metodológicos a llevar a cabo con el niño/a en concreto.
- d) El tipo de evaluación.

Para la selección de objetivos se tiene además que tener en cuenta seleccionar:

- a) Los más importantes y necesarios para el momento actual de la vida del niño/a, los que le sirven aquí y ahora.
- b) Los que tienen una mayor aplicación práctica en la vida social y que se pueden aplicar a mayor número de situaciones.
- c) Los que sirven de base para futuras adquisiciones.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

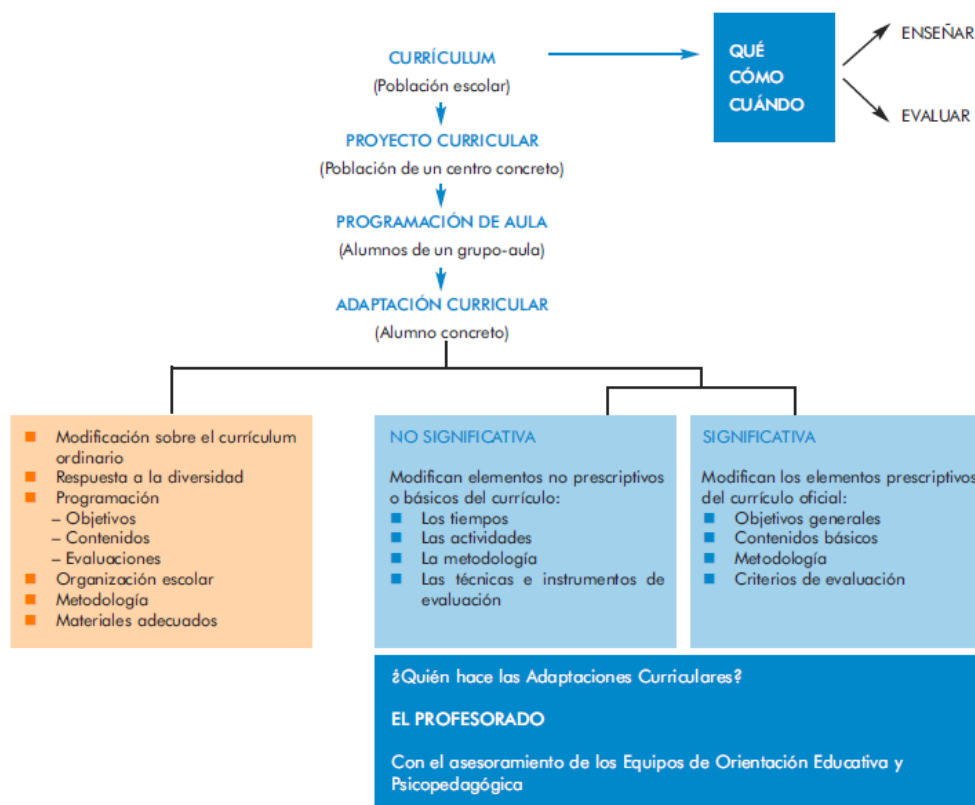
- d) Los que favorezcan el desarrollo de sus capacidades: atención, percepción, memoria, comprensión, expresión, autonomía y socialización.

Y finalmente en este proceso de adaptación del libro de texto, se tiene que ofrecer la misma estructura del texto reducida con: *abundantes ilustraciones, letra grande, párrafos cortos, sin escribir los números con letras y anotaciones en los márgenes, destacar las palabras más importantes en color rojo, entre otros aspectos*. Adicionalmente:

- a) La cantidad de texto de cada apartado a comprender y memorizar, utilizándose un lenguaje adecuado al nivel que tiene el niño/a. Siempre se debe respetar los títulos de cada pregunta de la unidad, para que no se modifique la estructura global del tema.
- b) Algunas de las actividades propuestas en el mismo, simplificando enunciados y proponiendo actividades más sencillas, del tipo “verdadero o falso”, “elección de una opción”, “completar frases”... que le facilitan, la realización de las mismas.

Estos aportes de (Ruiz Sánchez et al., 2010) detallan de una forma sencilla los requerimientos para la adaptación de un libro de texto desde un entorno de escolaridad convencional, a un ambiente inclusivo para niños/as con SD. En adición se comparte de forma gráfica la representación en resumen de estas consideraciones respecto de las adaptaciones curriculares.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**Figura 4.** Adaptaciones Curriculares para Educación de personas con SD

Fuente: (Rodríguez Plaza & Mullet, 2014, p. 10)

### 2.2.3. Los Recursos Didácticos Personalizados

La personalización de recursos didácticos es uno de los ámbitos que propone el informe *NMC Horizon Report* (Adams Becker et al., 2017) para ser adaptado en los sistemas educativos en un plazo de 4 a 5 años con el aporte de la Inteligencia Artificial. Como expone Robinson & Aronica (2015) *si gestionamos un sistema educativo basado en la normalización y el amoldamiento que anulan la individualidad, la imaginación y la*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*creatividad, no debemos sorprendernos que ocurra esto último.* A este aporte se suma Gerver (2010), desde un análisis a los *modelos industriales de educación* que son en esencia impersonales, y en su oferta educativa y en sus métodos hacen hincapié en la homogeneidad, al tiempo que promueven la estandarización a la hora de evaluar. Estos modelos impersonales pasan por alto que la educación es inevitablemente, *personal*. En sus propias palabras, Gerver dice “*No puedo imaginarme que haya un niño en ningún lugar del mundo que se levante de la cama por las mañanas preguntándose qué puede hacer él para elevar los resultados en los test de lectura de su distrito escolar. Los estudiantes aprenden mejor si se sienten implicados, si algo les interesa y les motiva personalmente; si esto no sucede, desconectan y se acabó*”. Sir K. Robinson en el prólogo de la obra de Gerver(2010), expone así mismo que la educación en la actualidad desempeña cuatro funciones principales: *individual, cultural, económica y social*; en referencia a la función *individual*, refiere a que cada uno posee sus propias aptitudes características, personalidad y pasiones en potencia, y la educación debe ayudar a que afloren estas habilidades únicas de cada estudiante y hacerlas realidad, de manera que sean conscientes de ellas. Es visible la necesidad de que las entidades y organismos responsables de la educación formal hagan un mayor esfuerzo para potenciar esta necesidad en pos de un mejor sistema educativo.

En este ámbito, pero ya haciendo referencia específica al SD, los expertos (Sanjuán Torres & Rodríguez Plaza, 2013) de la Red Nacional de Educación de Down España, proponen a la *Identidad* como una de características necesarias a tener en cuenta en el proceso de aprendizaje del alumnado con SD, refiriendo en particular a:

- a) Construir su identidad (quien soy yo, qué hago y hacia dónde voy) en los diferentes periodos de su vida y en relación a la imagen que los otros le devuelven de sí mismo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- b) Hacer una Planificación Centrada en la Persona, considerando que cada uno tiene sus características personales que han de ser conocidas y respetadas, y a partir de esta singularidad brindarles ayuda.
- c) Conocer cuáles son sus capacidades, para que las puedan desarrollar y ofrecerlas al resto de la clase.
- d) Aceptación de las limitaciones y el descubrimiento de las posibilidades.
- e) Hay que tener en cuenta de que todo aquello que puede resultar imprescindible para favorecer el aprendizaje del alumnado con discapacidad intelectual va a ser positivo también para el aprendizaje de todos sus compañeros y compañeras.

Entre otras que ayuda a comprender la importancia de la identidad e individualidad en el proceso educativo, y con mayor fuerza en las personas con SD.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 2.3. INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR (IPO)

La Interacción Persona Ordenador (acrónimo del inglés Human Computer Interaction HCI), es una de las áreas emergentes de las Ciencias de la Computación, y define parámetros de diseño, evaluación e implementación de sistemas interactivos para el uso de personas, centrando al usuario como ente principal de un ambiente computarizado. IPO busca incrementar la usabilidad de los sistemas informáticos, para que sean fáciles de aprender, haciendo su uso eficiente y eficaz. Como explica Ganyet (2005) IPO se encuentra en un punto intermedio entre las humanidades y las ciencias, y recoge fundamentos de: Informática, Ingeniería, Ergonomía, Diseño Gráfico, Psicología, Sociología, Inteligencia Artificial y Filosofía. Es el área más humanizada de las ciencias de la computación, y requiere del trabajo continuo de grupos multidisciplinares en ámbitos de investigación y desarrollo.

A nivel global las facultades y departamentos de investigación de las universidades han creado diversos grupos que tienen como línea de investigación base a IPO. En Hispanoamérica se ha creado la asociación AIPO (Asociación de Interacción Persona Ordenador)<sup>1</sup> y tiene como objetivos promover y difundir la Interacción Persona-Ordenador y servir de vínculo entre los científicos y profesionales que desarrollen actividades en este ámbito. La característica particular de IPO es que involucra por lo general a expertos en el área de Psicología, diseño y expresión artística, ciencias de la comunicación, electrónica, inteligencia artificial, entre otras.

Los estudios acerca de IPO son cada vez más relevantes para los diseñadores y fabricantes de tecnologías, así como por las comunidades de personas con algún tipo de discapacidad, que requiere equipos y sensores personalizados para facilitar su interacción con el ordenador. Su campo de investigación se ha ido ampliando, principalmente por la

---

<sup>1</sup> AIPO es la Asociación Interacción Persona Ordenador, iniciada en España en noviembre de 1999.  
<http://aipo.es/>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



expansión de la tecnología móvil y el abaratamiento de sensores y dispositivos para cumplimentar actividades cotidianas, permitiendo en muchos casos la emisión de comandos informáticos con gestos comunes u órdenes de voz, en lo que se conoce como la Interacción Natural (IN).

### 2.3.1. Contexto Histórico

Los primeros trabajos referentes a Interacción Persona Ordenador, según expone el profesor Keith Andrews (2015) se presentan con la primera interfaces diseñadas para los computadores. En el año 1932 se plantean ya las primeras ideas de *Memex* (Memory Extended) como un diseño hipotético de una tecnología basada en microfilms y niveles mecánicos que permitan disponer de un escritorio extendido, con aplicación para anotaciones personales, secuencias de enlaces para un fácil acceso, y visión previa de documentos (con enlaces internos y externos) en repositorio; un borrador de esta versión se envía en el año 1939 a la revista FORTUNE, y la primera versión científica en 1945 por Vannebar Bush (1945), una segunda versión se publica en 1967 y una adaptación en 1991. Es importante considerar este hito debido a su propuesta, incluso antes de que se haga público el primer ordenador electrónico, aunque ya entre 1833 y 1842 Charles Babbage haya diseñado la que sería la primera máquina analítica.

Ivan Sutherland (1963) como tesis doctoral para el MIT propone el “Sistema de comunicaciones gráfico humano-mecánico”, editor de dibujo con solucionador de restricciones incorporado, denominado SketchPad. Se considera la primera interfaz gráfica de usuario: utilizando un CRT y un lápiz de luz (y varios interruptores y perillas), considerado el primero en hacer uso de *ventanas* (hojas de papel virtuales) y del primer programa orientado a objetos.

Doug Engelbart del *Augmentation Research Center* (ARC) del Instituto de Investigación de Stanford en 1968 presenta Augment/NLS, el primer monitor de rastreo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

(basado en píxeles), es decir el primer mouse. Es un ratón con cinco botones (teclas) para la mayoría de la interacción, dejando el teclado sólo para introducir textos más extensos. Con este dispositivo se hace la primera implementación práctica de enlaces de hipertexto y editor de dibujo con vínculos de imagen. Nace así mismo la *colaboración interactiva*, ya que varias personas pueden apuntar y editar, y ver además los punteros del otro (Engelbart, 1970).

Los anteriores corresponden a hitos iniciales de IPO como prototipos que han permitido la interacción de la persona con el ordenador. Se presentan luego las denominadas *interfaces WIMP* (*window, icon, menu, pointing device*). En 1973 se presenta *Xerox Alto*, conocida como el primer ordenador personal, diseñado para poder ser usado por una persona y de tipo comercial; dispone de *Alto GUI*, con ventanas, ratón y cursor, menús desplegable y el procesador de textos *Bravo* que hace uso de *WYSIWYG* (*what you see is what you get*). En posterior y siempre con mejoras aparece *Xerox Star* (1981), *Apple Lisa* (1983), *Apple Machintosh* (1984), *Microsoft Windows* (1987), por mencionar los referentes(Andrews, 2015).

### 2.3.2. IPO como campo emergente de las Ciencias de la Computación

IPO es considerado un campo emergente dentro de las Ciencias de la Computación, los Sistemas Informáticos, la Ingeniería del Software y las Tecnologías de la Información; así la ACM, AIS y IEEE\_CS en un esfuerzo cooperativo hacen un planteamiento curricular para estas ciencias (Lunt et al., 2008) ubicando a IPO como una de los principales áreas y uno de los cinco pilares de las Tecnologías de la información como se observa en el gráfico disponible en Anexo 9.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Como asignaturas o cursos básicos que un plan curricular en el área de IPO cubriría tenemos:

- a) Factores Humanos
- b) Aspectos IPO de los dominios de aplicación,
- c) Evaluación centrada en el ser humano
- d) Desarrollo de Interfaces Efectivas
- e) Accesibilidad
- f) Tecnologías emergentes
- g) Computación Centrada en el Ser Humano

Y como propuesta para un curso avanzado se expone además:

- a) IT301. Diseño y evaluación centrados en el ser humano
- b) IT302. Interfaz gráfica del usuario
- c) IT303. Desarrollo de Sistemas Multimedia
- d) IT304. Desarrollo de Sistemas Interactivos
- e) IT305. Trabajo cooperativo apoyado por computadora
- f) IT306. Habilidades cognitivas humanas

Como exponen en documento, este núcleo de aprendizaje refiere solamente a las habilidades que todo estudiante del grado de Tecnologías de la Información debería alcanzar y no pretende ser un currículum completo; sin embargo es una base estandarizada que permite a la comunidad científica categorizar y organizar los procesos de formación y de exposición de los resultados de investigación. No se debe olvidar también que esta área

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de las ciencias de la computación - como se menciona en el inicio de esta sección – corresponde a un área multidisciplinar, muy cercana a las humanidades.

### 2.3.3. *Experiencia de Usuario*

Para IPO el usuario es el centro del ambiente informático. Según Nielsen (1994) el usuario (la persona) que interactúa con nuestro recurso objeto de estudio, debe ser considerado desde tres dimensiones principales desde las cuales varía la experiencia del usuario: a) experiencia de las computadoras en general, b) comprensión del dominio de la tarea y, c) experiencia en el uso del sistema específico. En el ámbito de estudio de IPO, la *Experiencia de Usuario* (UX), y dentro de esta la Usabilidad es el área desde la cual se estudian estas dimensiones.

#### 2.3.3.1. Usabilidad

La ISO define la usabilidad como "la medida en que un producto puede ser utilizado por usuarios especificados para alcanzar objetivos específicos con eficiencia, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de uso" (ISO, 2015b) . Las propuestas generales para conocer y evaluar las características de la interfaz de usuario y su rendimiento son estudiadas a partir la *Usabilidad* desde finales de los 80's. El estudio de la *Usabilidad* depende no solo del sistema de interacción, sino de cómo ha sido validado y cuáles fueron los objetivos; en el campo educativo tiene además como premisa que los atributos de aprendizaje varían entre personas, y esta variable amplía su valor si además consideramos el contexto desde el cual se evalúa (Rogers, Bannon, & Button, 1994). Los principales métodos para la evaluación de usabilidad derivan de *User Testing* (J. Dumas & Fox, 2007; J. S. Dumas & Redish, 1999), *Heuristic Evaluation* (Nielsen, 1994) y *model-based methods* (John & Kieras, 1996); refiriendo el primero a ambientes de **evaluación empírica** con la evaluación de variables dependientes, que por la naturaleza del estudio es el que se adaptaría para nuestro caso.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

La *Usabilidad* evolucionó como un área de UX, con gran consideración en el ámbito científico para el diseño de la calidad (J. Dumas & Fox, 2007), que para nuestro caso de estudio, sería de la calidad de los recursos educativos. Ya en los 90's, Prawl, Barros, Bedford, & Barton (1990) exponen ejemplos de tecnología de visualización, con dos o tres dimensiones gráficas embebidas en cada nivel de *User Interface*; aplican pre y post procesamiento para interpretar estructuras geológicas utilizando herramientas de visualización con el software AVS; para trabajar con datos multidimensionales utiliza PV-WAVE, que permite fácilmente ver patrones y tendencias en sus datos desde niveles de imagen, acompañadas de gráficos y técnicas de análisis. Cawthon & Moere (2006) proponen un modelo conceptual para evaluar el efecto estético de visualización de la información desde los principios de UX, dando paso a un método centrado en el usuario y no solo en las métricas de eficiencia de las tareas.

Como herramienta para validar entornos mixtos, que incluyen software con recursos multimedia, Correia & Romero(2006) desarrollan el sistema HyperMem que permite almacenar y reproducir las experiencias de usuario. Un caso referente de investigación sobre documentos, la realiza Passera (2012) con aplicación a contratos; desde un prototipo de contrato se trabaja en pruebas con los usuarios para establecer si son más usables que los tradicionales: su trabajo responde hipótesis sobre la correlación de visualización, usabilidad y experiencia del usuario, proponiendo un procedimiento de evaluación. Con tecnología emergente, Kim, Wang, Han, & Wang(2015) miden la usabilidad en un entorno con Realidad aumentada, aplicando la metodología de evaluación de casos para validar el proceso de búsqueda de rutas *wayfinding*, obteniendo una considerable reducción respecto de la búsqueda convencional. Las metodologías mencionadas para la valoración de *Usabilidad* siguen estando activas, y nos muestran un contexto general del ámbito científico desde el cual se sostiene la investigación realizada.

Los tres atributos de usabilidad medibles definidos por ISO (ISO, 2016) son:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- a) Efectividad: exactitud e integridad con la que los usuarios logran los objetivos especificados.
- b) Eficiencia: recursos gastados en relación a la exactitud e integridad con la que los usuarios alcanzan los objetivos.
- c) Satisfacción: ausencia de molestias y actitudes positivas hacia el uso del producto.

Por otra parte, según el modelo de atributos de aceptabilidad de Nielsen, la usabilidad tiene los siguientes atributos medibles adicionales a que ya se han mencionado en el estándar ISO:

- d) Facilidad de aprendizaje. Con los usuarios novatos de sistema, medir el tiempo para realizar ciertas tareas. En esta tarea es importante tener en cuenta que el usuario haya tenido o no alguna experiencia general con el uso de la computadora, o con sistemas afines.
- e) Memorabilidad (*Memorability*). Con usuarios ocasionales de la muestra, medir el tiempo que requieren para realizar las tareas típicas. La variación del tiempo entre sesiones (antes y después) permitirá conocer la facilidad para recordar aspectos del proceso.
- f) Errores. Considerar todos los errores, desde los menores hasta los que podrían definirse como catastróficos, y que sean documentados por los usuarios en el desempeño de una tarea específica.

Previo análisis propone nueve métodos de evaluación agrupados por propósito y por quien los realiza, que se muestra en la *Tabla 1*. Haciendo una breve explicación de esta

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

tabla, la analogía de la sopa de Rober Stake a la que se hace mención, se divide en cuatro formas de actuación generales, teniendo en cuenta en ambiente desde el cual se desarrolla la acción (Stake, 1976):

- Exploratorio: Cuando el cocinero prueba sopas otros cocineros.
- Predictivo Cuando el cocinero evalúa una determinada receta.
- Formativo: Cuando el cocinero prueba la sopa, mientras explica lo que es.
- Sumativo: Cuando los invitados (o críticos de la comida) prueban la sopa.

		<b>Métodos de Evaluación</b>	
<b>Momento del diseño</b>		<b>Inspección</b>	<b>Prueba</b>
<i>Desde: analogía de la sopa de Stake</i>		<i>La inspección de diseño de la interfaz por los especialistas en usabilidad</i>	<i>Pruebas empíricas de diseño de interfaces con usuarios reales</i>
Antes del diseño / después de estreno	<b>Exploratorio</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio diario</li> <li>• Registros de aplicación</li> <li>• Estudio Observacional</li> </ul>
Después de diseño / Antes de implementación	<b>Predictivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de la acción</li> </ul>	
Durante implementación	<b>Formativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobación de las directrices</li> <li>• Evaluación desde heurísticas</li> <li>• Recorrido cognitivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensando en voz alta</li> </ul>
Después de implementación	<b>Sumativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntuación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestionarios</li> <li>• Experimentación Formal</li> <li>• Pruebas A/B</li> </ul>

**Tabla 1.** Métodos comunes de evaluación de Usabilidad

Fuente: Adaptación desde (Andrews, 2015, p. 48)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Estas analogías son fácilmente extensibles hacia los contextos de evaluación de productos, recursos, aplicaciones, etc., en la cual dependiendo del objetivo, momento del estudio, recursos y medio se debe escoger un tipo de método a aplicar.

### 2.3.3.2. *Experiencia Afectiva de Usuario (UAX)*

Desde estudios neurológicos se expone el papel esencial que tiene la emoción en la cognición humana, en particular en actividades referentes a: toma de decisiones, percepción, interacción humana, comunicación social, e inteligencia humana en forma general (Oatley & Johnson-Laird, 2014). Lo anterior, en complemento con el desarrollo de la computación en aspectos de interacción desde dispositivos que permiten la obtención de información sensorial de la persona, da cabida al desarrollo de la computación afectiva, dado que estos dispositivos están adquiriendo la capacidad de expresar y reconocer afectos, e incluso en un futuro mediato de tener emociones (Picard, 1995). Las emociones en la ciencia tienen como estigma que han sido consideradas como no científicas. Pese a ello, se sigue haciendo esfuerzos desde modelos computacionales, con aplicación principal en aprendizaje asistido por computadora, artes creativas, entretenimiento y aspectos de salud (Picard et al., 2004). Rosalind Picard es una de las exponentes en investigación referente a la Computación afectiva, y sus estudios desde el MIT han dado inicio a productos como AffDex, con muchos reconocimientos a nivel global.

La computación afectiva se expande, y en el ámbito educativo es necesario establecer métodos prácticos para la validación de usabilidad de los recursos didácticos digitales diseñados para el aula de clase, en donde la variación del estado emocional facilita o limita el proceso de aprendizaje, por lo cual la inteligencia emocional es continuamente estimulada por los docentes para propiciar un mejor ambiente de enseñanza-aprendizaje. En este contexto surge el campo de Experiencia afectiva de Usuario (UAX por siglas del inglés *User Affective Experience*) como una sub área emergente de la ciencia, relacionada a Interacción Persona-Ordenador (IPO)-Experiencia de Usuario (UX), y teniendo como

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



base metodológica a la computación afectiva, con énfasis en estudiar las emociones del usuario en los diversos ámbitos de la interacción (Buck, Khan, Fagan, & Coman, 2017). Navarro (2013) explica que la interacción gestual permite mantener la atención del estudiante en el logro de objetivos de forma divertida. El reporte Horizon 2020 (2015) considera que la interacción gestual es una de las tecnologías emergentes aplicables a la educación. Los recursos didácticos gamificados generan cambios afectivos, especialmente con la interacción gestual, por lo tanto la variación emocional debe ser evaluada a partir de tales entornos.

### **Teoría de Emociones básicas**

Las emociones básicas, desarrolladas de forma teórica por Ekman (1992, 1999), Niedenthal (Niedenthal, Krauth-Gruber, & Ric, 2006), Panksepp (2004), Izard (1991), Shaver (Shaver, Schwartz, Kirson, & O’connor, 1987), entre otros, fueron planteadas como una estructura inicial, y son base que sostiene la gran mayoría de estudios de la computación afectiva. Abarcan metodologías basadas en expresiones faciales de seres humanos adultos (Ekman), comportamiento de humanos (Izard, Niedenthal), respuestas conductuales a estimulación cerebral (Panksepp) y una clasificación de palabras que expresan emociones (Shaver et al.). Harmon-Jones (Harmon-Jones, Bastian, & Harmon-Jones, 2016) expone de forma general un compendio de emociones básicas teniendo en cuenta los estudios previos: enfado, asco, miedo, ansiedad, tristeza y alegría/felicidad (Ver Anexo 8. Detalle de Emociones Básicas). El análisis de emociones se consolida como una de las líneas de trabajo emergentes de IPO.

Al tratarse de un ámbito emergente, es poco el trabajo existente en la literatura científica. Es Buck y su equipo (Buck et al., 2017) quienes proponen la etimología UAX por primera vez en el primer trimestre de 2017, sin embargo tiene un fuerte sustento teórico y metodológico en la computación afectiva, IPO y UX. El diseño afectivo y cognitivo envuelve un amplio rango de áreas del conocimiento, incluida ingeniería del diseño,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

factores humanos y ergonomía, Psicología de la ingeniería, marketing e interacción persona-ordenador (Picard, 1995). Zhou (Zhou, Lei, Liu, & Jiao, 2017) nos explica como evaluar UX desde el estado emocional y su influencia en la perspectiva de evaluación de UX a través de la configuración de parámetros afectivos que forman parte del diseño; también propone la evaluación teórica de tres diferentes estados afectivos y dos diferentes necesidades, obteniendo un modelo jerárquico bayesiano (Feng Zhou, Yangjian Ji, & Jiao, 2014). Navarro y el equipo de investigadores de ITED de la ULL (González-González & Navarro-Adelantado, 2015b) proponen métodos y técnicas para la evaluación de la Experiencia Emocional de niños y niñas con videojuegos activos (UXAV del inglés User eXperience in Active Videogames)(González-González & Navarro-Adelantado, 2015a). Esta propuesta es muy cercana a la propuesta de la segunda parte de este trabajo; proponen distintas técnicas de medición emocional, tales como: expresiones faciales, reacciones fisiológicas, medición subjetiva de sentimientos a través de cuestionarios, entrevistas y auto-informes, por tanto desde un enfoque categórico-multidimensional. De forma general proponen los siguientes instrumentos para cada tipo de recurso y técnica de medición:

- Tipo verbal: escala Likert y/o de diferenciador semántico para clasificar (categorizar) emociones; perfil emocional estandarizado (SEP), perfil de reacción (Reaction Profile), escala de sentimientos hacia anuncios (Feelings Toward Ad Scale)
- Tipo no verbal: PrEmo, EmoCards, SAM, LemTool o GEW.
- Expresiones faciales: Affdex SDK, Facial Coding, FaceAPI, FaceSense, FaceReader, FaceSDK.
- Señales cerebrales: Emotiv-EPOC
- Variables fisiológicas / biométricas: Woreables con interfaces y apps de estimulación emocional.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Instrumentos subjetivos usados con niños y niñas: SAM, Premo, EMODIANA.
- Problemas: en este aspecto los problemas que plantean se ajustan a nuestra población, evidenciando las grandes diferencias cognitivas y de desarrollo entre niños y niñas de la misma edad, complacencia, sugestionabilidad e incompreensión.

Los entornos educativos gamificados y de interacción gestual disponen a UAX de una continua fuente de datos potenciales de estudio. Las comunidades de investigadores en IPO reconocen la importancia del factor emocional durante el diseño y desarrollo de videojuegos, planteando como objetivo reconocer el estado emocional del jugador para integrar una representación personal en el contexto del juego, haciendo que sea parte integral de la narrativa del videojuego (Magerkurth, Cheok, Mandryk, & Nilsen, 2005).

#### 2.3.4. Interfaces naturales de Interacción de usuario

Las interfaces de interacción natural de usuario, forma parte de las interfaces de interacción no tradicionales; esto principalmente por las décadas de medios de interacción a los cuales el usuario debía adaptarse y superar un proceso de aprendizaje para poder interactuar con el sistema computarizado, tales como el teclado y mouse, principalmente. El desarrollo de nuevas tecnologías ha permitido que el usuario interactúe desde medios que le resultan naturales e intuitivos, pudiendo dar órdenes al computador a través de comandos de voz, de movimientos de manos, dedos, brazos, cuerpo; e incluso de forma indirecta desde señales bio-fisiológicas captadas por sensores *vestibles*. Como lo explica Philip Kortum (Kortum, 2008), haciendo referencia a los diseñadores de interfaces y productos, una comprensión de las fortalezas y limitaciones humanas pertinentes, cognitivas y perceptivas, es crítica en la creación de interfaces superiores que son

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

operacionalmente robustas, con un uso eficiente de las tecnologías personalizables existentes.

Dentro de este grupo se encuentran las denominadas interfaces apticas, que utilizan la sensación del tacto para proporcionar información al usuario. En lugar de inspeccionar visualmente un objeto tridimensional virtual en un monitor de computadora, una pantalla aptica permite al usuario "tocar" físicamente ese objeto. La interfaz también puede proporcionar información al usuario de otras maneras, tales como vibraciones. La industria del juego ha liderado el camino en la introducción de muchas de estas interfaces no tradicionales para el público en general, dando realismo al juego y haciéndolo más fácil y convincente (Kortum, 2008). Estos ambientes inmersivos se han visto multiplicados por la disposición de dispositivos accesibles al usuario y adaptables a una gran cantidad de dispositivos móviles, como es el caso de Samsung Galaxy Gear, Oculus VR, o las Google VR.

Las interfaces gestuales por su parte utilizan movimientos corporales de extremidades superiores (brazos, manos, dedos) e inferiores (piernas, pies), torso, cuello y rostro como controles de entrada para una computadora. Difieren de las interfaces apticas en la notable ausencia de retroalimentación propioceptiva o táctil devuelto por la máquina (Kortum, 2008). La mayoría de implementaciones comerciales de interfaces gestuales han nacido en el mundo de los videojuegos, como el caso de Kinect de Microsoft (Jared, 2013) complementada recientemente con *Hololens* para espacios de realidad virtual y telepresencia (Windows Apps Team, 2017). Otro caso es el dispositivo Wii de Nintendo, que fue el primer esfuerzo de esta casa para hacer la interacción del jugador más activa e inmersiva en el juego (Mombarg, Jelsma, & Hartman, 2013). Los anteriores son solamente una muy pequeña referencia de la amplia gama de productos existentes en la actualidad y que permiten la interacción por gestos con el usuario.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Los *vestibles* y sensores biométricos, consisten en un emergente campo de interacción natural, e incluso invisible para el usuario. Los dispositivos se comunican de forma directa (en algunos casos con orientación y ayuda del usuario) con plataformas de análisis de datos como pulso cardiaco, número de pasos realizados en un periodo de tiempo (podómetro) y distancia recorrida, tiempo de sueño, sensores de velocidad de movimiento (desde varios ejes), lectura inteligente de dimensiones de vivienda y hábitat, entre otros. Estas características están siendo utilizadas por los diseñadores de aplicaciones para desarrollar soluciones en especial para usuarios con necesidades especiales de monitoreo y seguimiento, que en varios casos se vienen haciendo ya a distancia desde centros especializados de control. Estos dispositivos se pueden conseguir a precios menores a los 25 dólares americanos dependiendo de las funcionalidades y servicios.

### 2.3.5. *Interacción en ambientes educativos inclusivos*

Uno de los destinos principales de la tecnología es la educación. En esta línea, los aportes a la ciencia desde IPO –y es el caso de esta investigación– se orientan a la adaptación de los dispositivos a las singularidades de cada persona con discapacidad cognitivas y/o motoras, principalmente en el hardware, y algunos posibles escenarios del ambiente en el cual se podría utilizar (Bergaus, 2015). Los aspectos de personalización de recursos didácticos corresponden una de las características fundamentales de la educación para personas con necesidades cognitivas especiales, y es el caso también de este estudio, donde se ha diseñado los recursos acorde al nivel académico y estilo de aprendizaje del estudiante, siguiendo las sugerencias propias de sus profesores.

Esta capacidad ha sido poco estimulada en ámbitos de educación formal en niños y niñas con DS, pese al continuo desarrollo de nuevas tecnologías que facilitan la interacción con programas de computador a través de gestos: manos, brazos, piernas, rostro, dedos y motricidad corporal en general, detallados en el estándar *ISO 9241-960: Ergonomics of human-system interaction-part 960: framework and guidance for gesture interactions*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

(ISO, 2015b; Tongda, Xiao, Yueting, & Hamid, 2014; P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2016a).

Conocer y evaluar las características de recursos de interacción desde la interfaz de usuario y su rendimiento fueron estudiadas desde la *Usabilidad* ya a finales de los 80's. Estudiar la *Usabilidad* no depende solamente del sistema de interacción, sino además del método y objetivos de interacción, por tanto en el ámbito educativo tiene como premisa que los atributos de aprendizaje varían entre personas (Rogers et al., 1994); si se considera las características y limitaciones físicas y cognitivas de los usuarios, y su entorno el estudio se torna aún más complejo.

Como área emergente de Interacción Persona-Ordenador (IPO) y en combinación con la computación afectiva, surgen los estudios de Experiencia Afectiva de Usuario (UAX), teniendo como contexto de estudio las emociones del usuario en ambientes de interacción (Buck et al., 2017). Las comunidades de investigadores en IPO y educación, reconocen la importancia del factor emocional durante el proceso de aprendizaje; como objetivo plantean conocer como un estudiante se siente, para integrar una representación personal en el contexto del aula de clase, haciendo que sea parte integral de la planificación curricular (Magerkurth et al., 2005). Los aprendizajes se basan en procesos cerebrales, que incluyen actividades neuronales *cognitivas, emocionales* y *ejecutivas*, y su interrelación para un aprendizaje significativo (Friedrich & Preiss, 2003). Los aportes de la neurodidáctica en el aula, y que parte del área de estudio de IPO se reflejan en: plasticidad, emoción, memoria, juego, motivación, atención, ejercicio físico y facultades ejecutivas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO III

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 3. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

Las interfaces gestuales están estrechamente relacionadas con la cognición y la actividad física, y pueden ser herramientas útiles para el entrenamiento cognitivo y las habilidades motoras. Su uso ha sido propuesto por investigadores en diversas áreas, incluyendo la educación, y dentro de este campo, en la educación inclusiva. En este estudio se ha realizado una revisión sistemática de la literatura sobre interacciones naturales de los niños (gestos, tacto, voz y movimiento) y su aplicación a los recursos educativos digitales para discapacidades de aprendizaje. Las preguntas de investigación incluyen estándares de interacción computarizada basada en el gesto para niños y niñas, guías de diseño, métodos e instrumentos, entornos de interacción no invasivos y personalización de recursos didácticos para niños con necesidades especiales, en particular personas con síndrome de Down. Se ha encontrado cualquier estudio experimental que describa la personalización de la interacción basada en el gesto para estudiantes con síndrome de Down.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



### 3.1. INTRODUCCIÓN A REVISIÓN DE LITERATURA

Una revisión sistemática de la literatura científica respecto de un área específica es importante en la identificación de las preguntas de investigación, así como en la justificación de una futura investigación en dicha área (Swartz, 2011). En el ámbito científico constituye una necesidad para un estudiante de doctorado que se inicia en una línea de investigación y necesita conocer de forma esquemática los trabajos realizados hasta la fecha, los métodos que se han seguido (población, muestra, estadísticos,...), cuáles han sido los resultados, las propuestas de cada autor y por supuesto, establecer un bagaje de autores con mayor trascendencia en el área, bases de datos y revistas donde se depositan los trabajos y las cuales acudir para obtener de forma más asertiva información actualizada y permanente de los resultados dinámicos publicados desde diversos laboratorios, centros de investigación e instituciones de educación superior en general.

Se propone una adaptación del método de Kitchenham (Kitchenham, 2004) y Bacca (Bacca, Baldiris, & Fabregat, 2014), que divide al proceso en tres sub-partes: planeación, conducción y reporte de resultados. En la primera parte se realiza un estudio sistemático básico para conocer los trabajos sobre revisión de literatura realizada en el área, y en caso de existir, verificar si los resultados nos permiten dar respuesta a nuestras preguntas de investigación; en este caso se encontraron 75 estudios sobre Interacción Persona Ordenador, de los cuales 3 hacían referencia específica a interacción gestual en ámbitos educativos, pero ninguno para educación inclusiva. Con este precedente se continúa el proceso, con el planteamiento de cinco preguntas de investigación, enfocadas en los estándares de educación gestual, guías de diseño, métodos e instrumentos para educación de personas con SD, evaluación de resultados en entornos de interacción no invasivos y la personalización de recursos didácticos según las necesidades físicas y cognitivas.

En la parte final de esta primera fase se ha realizado un trabajo esquemático que pretende ser guía en la búsqueda de artículos científicos de una forma ordenada, y con muy

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

buenos resultados, obteniendo una lista de los repositorios con estudios en el área y revistas científicas con mayor índice de impacto organizadas de acuerdo a su categoría general según las plataformas de WoS, SJR y google Scholar; en este caso todas las revistas están en primer cuartil (Q1) dentro de sus respectivos ámbitos; se propone en este proceso una sencilla fórmula para establecer un equilibrio entre la cantidad de artículos resultantes de la búsqueda y los índices de impacto de cada revista. La búsqueda es esquemática, iterativa e incremental, haciendo uso de sentencias básicas de conjunción, disyunción y agrupamiento, generalmente usadas en consultas de BD a través de lenguaje SQL, pero adaptado de forma sencilla para su fácil aplicación. De este proceso se seleccionaron doce revistas (SSC = 7; SSE = 5) y cinco bases de datos.

Como parte de la planificación del proceso de búsqueda, se establecen varios criterios de inclusión y exclusión, de forma general y específica, así como algunos parámetros complementarios de inclusión y exclusión: no considerar editoriales de opinión, revisión de libros, informes técnicos y conjuntos de datos; artículos publicados en los últimos 10 años, referidos exclusivamente a la interacción gestual persona-ordenador en ámbitos de educación inclusiva. Se establecieron variables para guiar las respuestas de las cinco preguntas de investigación, acudiendo para esto a investigaciones teóricas, estándares internacionales y métodos de investigación adaptables a cada ítem. Aplicando ya el proceso de búsqueda de artículos científicos, se obtuvieron cuarenta y tres estudios, que fueron debidamente organizados y codificados con la ayuda de la herramienta de gestión bibliográfica Mendeley.

En el reporte de resultados se comparte cuadros y gráficos que explican las respuestas a cada una de las preguntas de investigación planteadas, valorando cada una de las variables establecidas previamente y relacionando con las necesidades de investigación generales propuestas. Se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos y los estudios previos, así como la relación de los estudios seleccionados con las posibles propuestas de investigación. Finalmente se presenta las conclusiones del estudio,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

complementando con sugerencias de posibles aplicaciones de esta adaptación metodológica en posteriores estudios de revisión sistemática de literatura científica y estado del arte de nuevas líneas de investigación.

### 3.2. MÉTODO

Se ha seguido el método para una Revisión Sistemática de la literatura de Kitchenham (Kitchenham, 2004) y adaptada en su estudio por Bacca (Bacca et al., 2014), en la cual dividen el proceso en tres fases principales, como se puede ver en el siguiente esquema:

- Planeación.
  - Identificación de las necesidades de revisión.
    - Actual estado de *Children-Natural Interaction* en Educación.
    - Preguntas de Investigación.
    - Selección de revistas.
  - Desarrollo de un protocolo de revisión.
    - Definición de criterios de inclusión y exclusión.
    - Preparación del formulario de extracción de datos.
- Llevar a cabo la revisión
  - Identificación de la revisión.
  - Selección de estudios primarios.
  - Evaluación de la calidad del estudio
  - Extracción de datos y monitorización
  - Síntesis y monitoreo de los datos
- Informar sobre la revisión

A pesar de aparentar un proceso lineal, existen varios procesos que son iterativos, y se van desarrollando en ciclos continuos hasta cumplimentar con los objetivos de cada fase

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

y sub-fase. Desde un esquema metodológico, se sigue las sugerencias planteadas en *Elementos de informes preferidos para revisiones sistemáticas y meta-análisis* (PRISMA del inglés *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Swartz, 2011) para la etapa de *Desarrollo de un Protocolo de Revisión*, así como en la parte final para la presentación del reporte, teniendo en cuenta que el objetivo de PRISMA es ayudar a los investigadores en la elaboración de informes de revisiones sistemáticas desde una propuesta de 27 ítems de valoración y un flujo de pasos específicos a seguir (Moher, 2009).

### 3.2.1. Planeación

#### 3.2.1.1. Estado actual de la Interacción Natural

En este primer momento es necesario conocer estudios previos de revisión sistemática de literatura en nuestro campo de investigación, para que el aporte sea original y de utilidad a la comunidad científica. Se procede a realizar una búsqueda sistemática general en las bases de datos de Web of Science (WOS), Scopus y Google Scholar, con una sintaxis de búsqueda de la forma más similar posible en las tres plataformas, siguiendo las normas previstas por cada una:

Todos los estudios son de los últimos años (year > 2010). Los artículos resultantes se han categorizado en *validos/referentes/resultantes (val/ref/res)*; los primeros corresponden al resultado general de las búsquedas en las plataformas antes expuestas (75=100%) aplicando la sintaxis de búsqueda particular como se muestra en la Tabla 1; haciendo una revisión cualitativa en los títulos y resumen de cada artículo sobre temas específicos de IPO y niños/as se obtiene un listado *referente* (12/75 = 16%), y un final de revisiones sistemáticas sobre tecnología de interacción gestual para niños y niñas en ambientes escolares (3/75 = 4%) ampliados en la Tabla 2. No se encontraron trabajos de revisión de literatura que nos permita dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, por lo cual para nuestros fines resulta necesario este trabajo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

DB	Sintaxis	Artículos resultantes <i>val/ref/res</i>
	Filtro Inicial: <Tittle> y año >2009	
WOS	(child* OR boy) AND (comput* OR gestur* OR hand* OR motor* OR touch* OR body) AND (review)	1/3/9
	Refinar resultados:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>(interact* OR interfac*)</li> </ul>	
	Filtros paralelos: (año > 2009)	
Scholar	<ul style="list-style-type: none"> <li>allintitle: review, child, OR boy, OR children, computer, OR gesture, OR touch, OR interaction, OR interface</li> <li>allintitle: review, study, child, OR boy, OR children, computer, OR gesture, OR touch, study, OR school, OR teach</li> </ul>	2/6/(33+3)
	Filtro Inicial: <Article Title, Abstract, Keywords> y año >2009	
Scopus	(child* OR boy) AND (comput* OR gestur* OR hand* OR motor* OR touch* OR body) AND (interact* OR interface*) AND (educa* OR learn*) AND (syndrome OR disabilit* OR inclusiv* OR special*) AND review	0/3/30
	Subject Area: Computer Sciences, Social Sciences	

**Tabla 2.** Sintaxis de búsqueda inicial para estudios de revisión de literatura en el campo de IPO-Gestual (corte a mayo-2016)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Las revisiones de literatura acerca de IPO para niños y niñas, se dividen en diferentes áreas, como tecnología móvil de forma general (Assimwe & Grönlund, 2014; Harrison, Flood, & Duce, 2013), tecnología táctil (Motti, Vigouroux, & Gorce, 2013), libros de texto electrónicos (Väljataga & Fiedler, 2014) y las necesidades del usuario en el diseño de tecnologías de la información (Bergaus, 2015; Yarosh, Radu, Hunter, & Rosenbaum, 2011), centrándose específicamente en niños/as y sus necesidades particulares de interacción (Benton & Johnson, 2015; Börjesson et al., 2015; Darejeh & Singh, 2013), centrados en problemas de sordera (Simpson et al., 2014), neuro-motriz (Levac, Rivard, & Missiuna, 2012), autismo (Börjesson et al., 2015; Boucenna et al., 2014; Hee-Ran, 2015; Khowaja & Salim, 2013; Kushki, Chau, & Anagnostou, 2011), e incluso de IPO en contextos de valoración científica general (Kumar, 2014). En una búsqueda sin filtro sobre el año de publicación se obtuvo una revisión sobre “Tangible User Interfaces” (TUIs) en ambientes educativos, pero fue realizado hace más de 10 años (O’Malley & Stanton Fraser, 2004). Estos estudios corresponden a una revisión general, haciendo una revisión manual sistemática de resultados devueltos por el *script* de consulta previamente expuesto.

A pesar que en su obra no hace explícito el trabajo de una Revisión Sistemática, Hourcade (Hourcade, 2015) y Ruecker (Ruecker & Pinkwart, 2016) presentan un compendio de su experiencia en el campo de *Children-Computer Interaction* (CCI) con relación específica a la pedagogía, detallando los pilares de CCI con una perspectiva pedagógica desde el constructivismo Piagetiano y sus complementos teóricos, la experiencia de usuario en el diseño centrado en el niño, métodos de diseño y evaluación, e incluso su adaptación a necesidades especiales de interacción, haciendo énfasis en modelos mentales. Marhan (Marhan, Micle, Popa, & Preda, 2012) explican trabajos centrados en el proceso de diseño en CCI. Acerca de ¿cómo mejorar la usabilidad del software en niños y niñas con poca alfabetización digital?, Darejeh (Darejeh & Singh, 2013) presentan un listado de variables a considerar, que aportan a nuestro estudio: a) número de funciones disponibles/tiempo, b) evitar el uso de términos, c) personalización: fuente, color, tamaño; y d) utilizando objetos gráficos apropiados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Estudio	Análisis	Artículos revisados	Resumen de lo encontrado
(Sheu & Chen, 2014)	Hacen un análisis de investigaciones centradas en <i>gesture-based computing in education</i> , desde un método empírico, tomando como referencia de búsqueda 5 bases de datos académicas, y selección manual de artículos (publicados entre 2001 y 2013) que luego son analizados.	59	Su análisis se centra en los métodos de investigación, disciplinas de estudio, contenidos de aprendizaje, tecnología utilizada y la configuración de los sistemas de interacción basados en gestos. La tecnología más usada es Nintendo Wii (40%) y los objetivos de investigación se centran en educación especial (42%), teniendo como principal dominio el aprendizaje de habilidades motrices (42.4%).
(Boucenna et al., 2014)	Aunque solo uno de sus objetivos se centra en educación (exclusivo para niños y niñas con autismo), comparte un conjunto de recursos y herramientas emergentes, y las estrategias para potenciar su usabilidad.	>100	La tecnología principal de esta investigación son los robots sociales. La interacción con esta tecnología se basa en principios de emulación, y la respuesta a expresiones emocionales basadas en sensores de movimiento y de reconocimiento facial. En este campo hay muchas líneas de investigación abiertas, proponiendo salir del ambiente de investigación clínico, para contrastar variables sociales.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

(Benton & Johnson, 2015)	Presenta un detalle de los roles, responsabilidades y actividades en el diseño de proyectos con tecnología adaptable a necesidades educativas inclusivas, adaptadas tanto por estudiantes como docentes.	46	Su trabajo cubre investigaciones entre 2002-2014. Analiza las investigaciones resultantes en categorías según la necesidad de la población destino, tipos y niveles de diseño, y roles de cada profesional.  Presenta recomendaciones para proyectos de diseño de tecnologías inclusivas en 4 áreas (a. comunicación e interacción; b. conocimiento y aprendizaje; c. salud social, emocional y mental; y d. necesidades sensoriales y/o físicas), para diseñadores e investigadores.
--------------------------	--	----	---

**Tabla 3.** Estudios recientes de revisión de literatura en temas de Interacción Natural de niños y niñas con fines educativos

### 3.2.1.2. Preguntas de Investigación

Los Entornos IPO se han incrementado gracias a la disponibilidad en el mercado de sensores cada vez más baratos y eficientes, desarrollados para la industria de la diversión, ocio y salud, específicamente para videojuegos y estado físico (*fitnes*). En ambientes de investigación su han propuesto en diversas áreas, entre las que destaca la educación, y dentro de este campo la educación inclusiva (Yarosh et al., 2011). Teniendo en cuenta que nuestro foco de interés es la CCI desde una interacción natural: gestos, táctil, voz, movimiento; y su aplicación con recursos didácticos digitales personalizados a las necesidades del niño, se han planteado las siguientes preguntas de investigación:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



- RQ1 - ¿De los estándares que describen la interacción gestual niño-computador, cuáles aplican en ambientes educativos-inclusivos?
- RQ2 - ¿Cómo aplican las guías de diseño para interfaces gestuales educativas e inclusivas para niños y niñas?
- RQ3 - ¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados en la interacción gestual-inclusiva de niños y niñas con Síndrome de Down en ambientes educativos?
- RQ4 - ¿Cómo se ha evaluado los resultados de investigación en entornos de interacción no invasivos?
- RQ5 - ¿Qué procesos se han adaptado para la personalización de recursos de interacción, teniendo en cuenta las discapacidades y necesidades de cada niño/a?

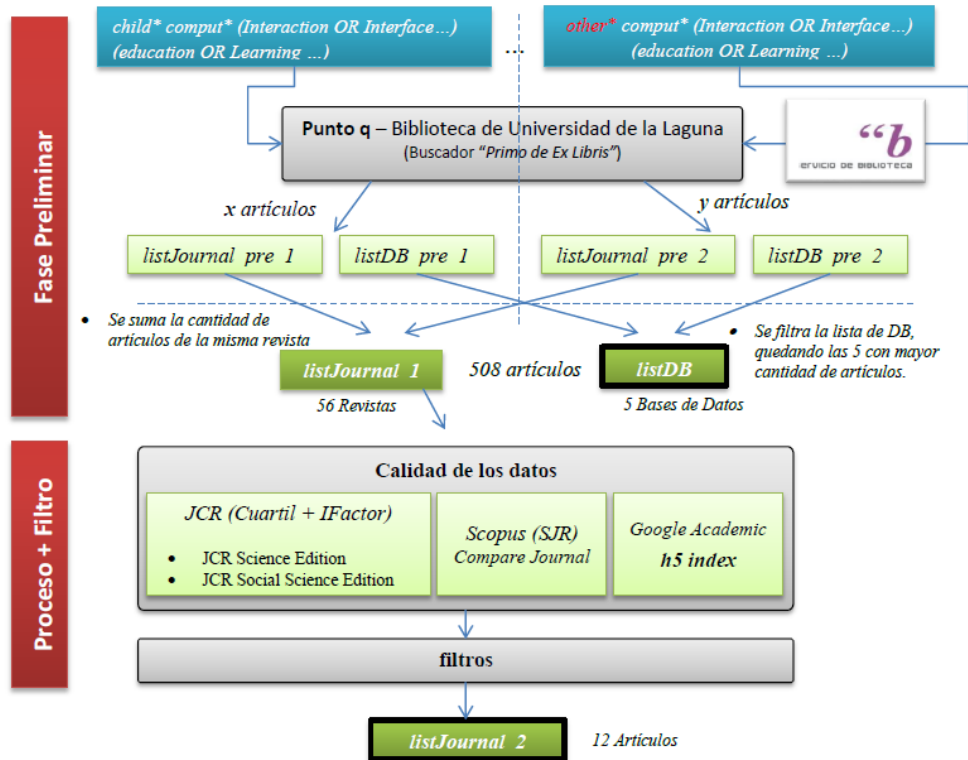
### 3.2.1.3. Selección de Revistas

Las investigaciones científicas tienden en su mayoría a ser multidisciplinares, y este es el caso del presente estudio que unifica las disciplinas de Educación, Ciencias de la Computación y Psicología. El objetivo a seguir en esta sub-etapa es seleccionar las revistas con mayor índice de impacto y que sus ámbitos de publicación sea la Interacción Persona-Ordenador basada en gestos en el ámbito de educación especial inclusiva. Para esto se propone la búsqueda sistemática expuesta en el *Figura 3*, donde se aplica una estructura de búsqueda que en primer momento hace uso de una *sentencia semántica*<sup>2</sup> que unifica las disciplinas de investigación a partir de su tesauro científico, que se usa para identificar las

<sup>2</sup> Una sentencia semántica es utilizada en las consultas dentro de bases de datos a través de lenguajes estructurados de consulta (SQL)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

investigaciones en las áreas temáticas y en sus palabras clave. Este filtro centra nuestra atención en las bases de datos y revistas de interés a nuestra área de investigación.



**Figura 5.** Flujograma para Selección de Revistas temáticas

La plataforma usada para este filtrado inicial es “Primo de Ex Libris” (licencia para biblioteca de la Universidad de la Laguna), específicamente por medio de su motor buscador “Punto q”<sup>3</sup>; el único filtro adicional aplicado es de revistas “Peer-reviewed”. La estructura semántica de búsqueda se forma de la conjunción de varias palabras clave correspondientes a las necesidades de investigación, tomadas de los sinónimos del

<sup>3</sup> Punto q es el buscador de documentos digitales de la biblioteca de la Universidad de la Laguna, y se puede acceder desde [http://www.bbtk.ull.es/view/institucional/bbtk/Biblioteca\\_Digital/es](http://www.bbtk.ull.es/view/institucional/bbtk/Biblioteca_Digital/es) (visto mayo 2016)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Thesaurus* de lengua inglesa (ver *tabla 3*). Los listados que genera de forma automática la plataforma se organizan en dos grupos, para revistas y bases de datos: *listJournal\_pre\_1a* *listJournal\_pre\_n*, y de *listDB\_pre\_1* a *listDB\_pre\_n*, donde *n* es el número de búsquedas, que en nuestro caso son cinco; se plantea esta estrategia debido a que la interacción se realiza con diversos sensores e instrucciones gestuales, y no existe en el ámbito de las publicaciones científicas un estándar léxico respecto de la nominación para esta interacción.

Computer Science			Education / Psychology	
Human Computer Interaction			Special Education	
<i>Gesture Based Interaction</i>	Children Computer Interaction			
1. (gestur*)	comput*	interact* child*	educa*	syndrome
2. (hand* OR body OR leg)	automat*	interfac* boy	learn*	disabilit*
3. (mov* OR motor* OR motion*)		recognit* kid	train*	inclusiv*
4. (fac* OR eye*)		track* infant*		special*
5. (mobile OR touch*)				disorder
<b>dinámico</b>	estático			

**Tabla 4.** Palabras de *thesaurus* para la búsqueda de criterios semánticos

El signo ‘\*’ ubicado en la parte final de cada palabra, se usa en el lenguaje de consulta de bases de Datos (SQL) para generalizar cualquier símbolo (sea letra, número o símbolo especial) después de la última letra, así por ejemplo en el caso de ‘**gestur\***’ podría ser: gesture, gestures, gestural...), haciendo más eficiente la búsqueda. Aplicando la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

estructura de la *Tabla 3*, se tienen cinco sentencias de búsqueda, variando las correspondientes a *Gesture-Based Interaction*. La primera sentencia sería:

```
(gestur*) (comput* OR automat*) (interact* OR interfac*  
OR recognit* OR track*) (child* OR boy OR kid OR infant*)  
(educa* OR learn* OR train*) (syndrome OR disabilit* OR  
inclusiv* OR special* OR disorder)
```

En los listados: *listDB* y *listJournal\_1* se han sumado las cantidades de artículos encontrados en todas las búsquedas, y que corresponden a la misma revista o DB. Adicionalmente en el caso de las DB se ha aplicado ya un primer filtro, quedando solamente las primeras 5 con mayor cantidad de artículos, como se muestra en la *Tabla 4*. La suma final de artículos supera a la cantidad resultante (508) debido a que varios artículos están indexados en más de una DB.

Conocer las bases de datos en las cuales se indexan los trabajos científicos de mayor impacto, consolida la fuente secundaria de investigación, facilitando los trabajos futuros; además para los fines de este trabajo, se usarán como filtro para realizar una validación cruzada de *listJournal\_1* en donde la variable principal hasta el momento ha sido la cantidad de artículos, siendo necesario aportar como factor clave la calidad de estos trabajos, validada por la comunidad científica internacional a través de los índices de impacto. Se usan para este fin las herramientas la JCR Tool <sup>4</sup>, Scopus Compare Journals<sup>5</sup> y Google Scholar h5 index<sup>6</sup>; la última se ha establecido como variable complementaria a

<sup>4</sup> JCR Tool (JCR Index 2014) <http://admin-apps.webofknowledge.com/JCR/JCR> es una herramienta de Thompson Reuters - ISI Web of Knowledge para categorizar el impacto de una revista en un área específica. (visto mayo 2016)

<sup>5</sup> Herramienta de Scopus (Elsevier) para comparar revistas científicas según su índice SJR, IPP o SNIP. A la fecha, la última revisión se hizo en Junio de 2014 <http://www.scopus.com/source/eval.uri> (visto mayo 2016)

<sup>6</sup> h5 index es el índice h de los artículos publicados en los últimos 5 años completos. Se trata del número mayor h en cuanto a que h artículos publicados entre 2010 - 2014 deben tener al menos h citas cada uno. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=top\\_venues](https://scholar.google.com/citations?view_op=top_venues) (visto mayo 2016)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

las bases de datos ERIC y MEDLINE/PubMed; además estos índices en un porcentaje muy alto ya son parte de los índices JCR y SJR.

Nombre de la Base de Datos - <i>listDB</i>	Número de documentos
Scopus (Elsevier)	364
MEDLINE/PubMed (NLM)	234
Social Sciences Citation Index (Web of Science)	210
Science Citation Index Expanded (Web of Science)	190
ERIC (U.S. Dept. of Education)	134

**Tabla 5.** Listado de Bases de Datos con mayor cantidad de artículos resultado de la búsqueda (rev. May/2016)

En *listJournal\_1* se agregan columnas para ubicar los índices JCR (Impact Factor, Quartil in Category and Category obtenidos del Journal Ranking), SJR e índice h5. Se aplican además algunos filtros, quedando como resultado la Tabla 3 denominada *listJournal\_2*. En detalle, se aplican los siguientes filtros:

- Fórmula de ordenamiento:

$$Ord = (\#r \text{ papers research} * 25\%).(JCR \text{ IF}).(SJR).(h5 \text{ index})$$

El 25% corresponde al porcentaje cuantitativo del número de artículos obtenidos en la revista; se ha estimado que esta variable sea considerada en igual porcentaje a los otros 3 parámetros.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Se quitan todas las revistas que no corresponden al área de estudio.
  - En *JCR* se considera las áreas: Computer Science – Interactive Application, Computer Science – Information System y Multidisciplinary Sciences; Education & Educational Research, Psychology – Education, Psychology-Multidisciplinary and Rehabilitation.
  - En *h5 index* las subáreas: “Education Technology”, “Education”, “Human Computer Interaction” y “Engineering & Computer Science (general)”.
  - De forma individual se revisa el “Aims and Scope” en la página web de cada revista, como un factor discriminante definitivo.
- Se quitan las revistas que no están indexadas en JCR o SJR.
- Se dejan solamente las 12 primeras revistas del listado, considerando un orden descendente basado en la fórmula *Ord* mostrada previamente.
- Se organizan las revistas en dos bloques, teniendo en cuenta la clasificación JCR 2014: *JCR Science Edition* y *JCR Social Science Edition*.

#### 3.2.1.4. Definición de criterios de inclusion y exclusion de estudios

Para los fines de la investigación, es necesario establecer criterios para la selección de los artículos relacionados a nuestros objetivos y preguntas de investigación planteados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Ord	Revista	Número de artículos	JCR		SJR	Google Académico índice h5	Ord
			Factor de Impacto	Cuartil			
<b>JCR Science Edition</b>							
1	Pediatrics	10	5,473	Q1	2,894	116	4593,27
2	Computers & Education	23	2,556	Q1	2,578	88	3334,22
3	PLoS ONE	9	3,224	Q1	1,300	161	1518,26
8	IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitational Engineering	4	3,188	Q1	1,042	45	149,49
10	Physical Therapy	2	2,526	Q1	1,270	52	83,41
<b>JCR Social Science Edition</b>							
4	Journal Of Autism And Developmental Disorders	9	3,665	Q1	1,696	61	853,12
5	Child Development	3	4,061	Q1	3,065	64	597,45
6	Research in Developmental Disabilities	22	1,887	Q1	0,986	47	480,96
7	Journal of Learning Disabilities	7	1,901	Q1	1,596	34	180,52
9	Journal of Intellectual Disability Research	9	1,778	Q1	0,935	33	123,44
11	Computers In Human Behavior	1	2,694	Q1	1,582	75	79,91
12	Journal of Computer Assisted Learning	2	1,370	Q1	2,048	41	57,52

**Tabla 6.** Listado de revistas organizadas por categoría según JCR 2014 - *listJournal\_2*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### **Criterios Generales:**

- Estudios que refieran la interacción gestual de niños y niñas con dispositivos tecnológicos, y que tengan como objetivo principal procesos de educación inclusiva.
- Estudios publicados en los últimos 10 años, es decir entre los años 2006 y 2016

### **Criterios Específicos:**

Los estudios deben de cumplir con una o más de las siguientes especificaciones:

- Estudios acerca de estándares que incluyan el análisis gestual de la interacción natural niño-ordenador.
- Estudios que expongan guías de diseño para interfaces basadas en gestos, educativas e inclusivas.
- Estudios que compartan métodos/instrumentos aplicados en investigaciones con población con Síndrome de Down e interfaces gestuales.
- Estudios que expliquen estrategias de validación de procesos de investigación en entornos no invasivos y de interacción gestual.
- Se considera además si los estudios muestran alguna metodología de diseño de la interacción gestual para hacer más efectiva la interacción de personas con discapacidad intelectual.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Se establecieron algunos parámetros complementarios de artículos que no se considerarán:

- Artículos que refieren a interacción gestual en ámbitos no referentes a la Interacción Persona Ordenador o para fines distintos al de educación.
- Publicaciones que no sean catalogadas como artículos científicos: editoriales, revisiones de libros, informes técnicos, conjuntos de datos, etc.

### 3.2.1.5. Definición de categorías para el análisis

Siguiendo con la metodología de Bacca(Bacca et al., 2014) y Kitchenham (Kitchenham, 2004), en esta sub-etapa se definen una serie de categorías para el análisis, teniendo como criterio base las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio. Estas categorías nos permitirán agrupar estudios basados en criterios que posibilitan la respuesta sistemática de las preguntas de investigación (RQ).

#### **RQ1 - ¿De los estándares que describen la interacción gestual niño-computador cuáles aplican en ambientes educativos-inclusivos?**

En esta sección consideramos la variables propuestas por ISO 9241 (*Ergonomics of human-system interaction*) y todas sus partes.

- a. ISO Title: based on ISO 9241 - *Ergonomics of human-system interaction and IEC* (Bevan, 2001).
- b. Categorías del estándar: *User performance/satisfaction, product, development process, life cycle processes* (Bevan, 2001).

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- c. Tipos de interacción gestual: ISO/DIS 9241-960 *Framework and guidance for gesture interactions*; ISO 9241-210 *Human-centered design for interactive systems* (ISO, 2015a, 2015c).
- d. Reporte de nuevo estándar experimental de análisis gestual (Bevan, 2001).

**RQ2 - ¿Cómo aplican las guías de diseño para interfaces gestuales educativas e inclusivas para niños y niñas?**

- a. Fases y Procedimientos: basados en ISO 9241-210 *Human-centered design for interactive systems* (ISO, 2015c)
- b. Factores Humanos: *senses, memory and cognition*.
- c. Tipos de Sentidos: *light, sound, smell, movement, speech, touch y biological variables*.
- d. Emociones o sentimientos en el diseño: basados en EMODIANA (González-González, Cairós-González, & Navarro-Adelantado, 2013).

**RQ3 - ¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados en la interacción gestual-inclusiva de niños y niñas con Síndrome de Down en ambientes educativos?**

- a. Grupo destino de educación: basado en la Clasificación Internacional Uniforme de Educación - UNESCO (UNESCO, 2012)
- b. Método de investigación.
- c. Método de recolección de datos.
- d. Rango de edad mental / edad natural.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- e. Tecnología para la interacción: detalle sobre instrumentos y herramientas.
- f. Tipo de interfaz: basado en ISO 9241-210 *Human-centered design for interactive systems* (ISO, 2015c).
- g. Tipo de interacción gestual: ISO/DIS 9241-960 *Framework and guidance for gesture interactions* (ISO, 2015a).
- h. Reporte los resultados de la investigación.

**RQ4 - ¿Cómo se ha evaluado los resultados de investigación en entornos de interacción no invasivos?**

Estas variables sólo se aplican a las investigaciones que utilizan tecnologías no invasivas.

- a. Método de investigación.
- b. Herramientas de evaluación.
- c. Informe los resultados de la investigación.
- d. Necesidad Especial: nombre y porcentaje.

**RQ5 – ¿Qué procesos se han adaptado para la personalización de recursos de interacción, teniendo en cuenta las discapacidades y necesidades educativas de cada niño?**

- a. Detalle del proceso de adaptación
- b. Necesidad Especial: nombre y porcentaje.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- c. Detalle de la estrategia de aprendizaje digital (tema cualitativo) - si el alcance de la investigación es pedagógico.

### 3.2.2. Realizar la revisión

Para este proceso, se aplican los resultados obtenidos en la fase previa: los criterios de inclusión y exclusión y la lista de revistas *listJournal\_2* expuesta en la Tabla 5. Se sigue el proceso *Knowledge Discovery in Databases (KDD)* (Dhiman, 2011), a través de un proceso de búsqueda continua en cada una de las revistas, organizando los resultados según la estructura de variables de las preguntas de investigación.

#### 3.2.2.1. Selección de estudios

L1	Gestural Computer Interaction	(gestur* OR hand* OR body OR leg OR mov* OR motor* OR motion OR fac* OR eye OR mobile OR touch*) AND (comput* OR automat*) AND (interact* OR interfac* OR recognit* OR track*)
L2	+ Child *	AND (child* OR boy OR kid OR infant*)
L3	+ Education	AND (educa* OR learn* or train*)
L4	+ Special Education	AND (syndrome OR disabilit* OR inclusiv* OR special* OR disorder)
L5	Question	Q1: (Standard Interaction) Q2: (Design Guide) Q3: (Down syndrome) Q4: (Assessment AND Noninvasive environment) Q5: (Digital Learning Literacy)

**Tabla 7.** Estructura semántica para la búsqueda de artículos específicos en cada revista

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

La búsqueda por revista se realiza con la ayuda de las herramientas de la plataforma *ScienceDirect*<sup>7</sup> de Elsevier en modo de “Expert Search” con los criterios del script siguiente para cada una de las revistas de *JournalList\_2*. Siguiendo la estructura de búsqueda inicial, se han dividido las áreas y sub-áreas de interés en cinco niveles, de tal forma que facilite la selección de los artículos científicos relevantes para la investigación. La estructura de búsqueda es aplicable a la plataforma de WoS (extendiendo a su sintaxis), con resultados similares ya que se realiza un filtrado considerando de forma explícita una revista

Aplicando las opciones de la *Tabla 4*, en una consulta específica, la sentencia resultante para buscar artículos en la revista *Computers & Education* y que permitan dar contestación a la tercera pregunta, sería así:

```
pub-date > 2005 AND Title-Abstr-Key((gestur* OR hand* OR
body OR leg OR mov* OR motor* OR motion OR fac* OR eye
OR mobile OR touch*) AND ((comput* OR automat*) OR
(interact* OR interfac* OR recognit* OR track*)) AND
(child* OR boy OR kid OR infant*) AND (educa* OR learn*
OR train*) AND "Down Syndrome") AND src({Computers &
Education}))
```

En la sección `src({Computers & Education})` se deberá ir cambiando por el nombre de la revista. En este caso no se ha ubicado la parte correspondiente a L4, debido a que nos centraremos en el Síndrome de Down, y las demás palabras resultan irrelevantes. Los criterios de búsqueda son los indicados en la sección de inclusión y exclusión. La búsqueda se centra en la zona dentro del *Title, abstract o Keyword*. Se toman en consideración también los documentos recomendados de forma automática por el buscador como relacionados con alguno artículo de interés específico. Lo anterior no corresponde a

<sup>7</sup> <http://www.sciencedirect.com> (consultada a 3 de junio de 2016)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

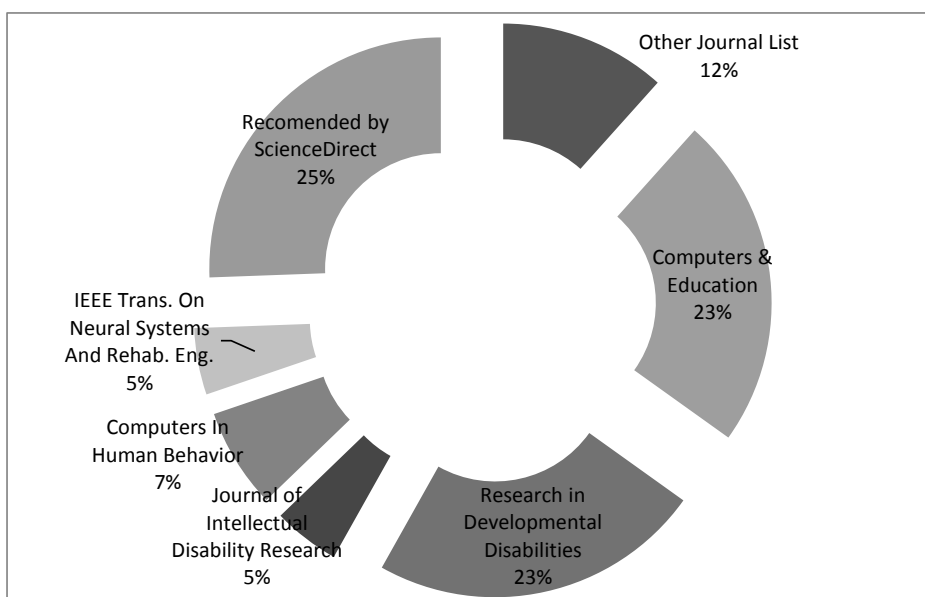
una camisa de fuerza, por el contrario, facilita la búsqueda esquemática centrando nuestro esfuerzo en la pregunta de investigación ya dentro de un bloque de revistas dentro del área de estudio y con alto impacto científico.

**Figura 6.** Captura de pantalla de la búsqueda en la plataforma *ScienceDirect* en modo Advanced

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 3.2.2.2. Extracción, síntesis y codificación de datos

Este proceso ha sido trabajado de forma estructurada, siguiendo el esquema presentado en la Tabla6, siguiendo los criterios de inclusión exclusión (ver apartado 2.1.4) y organizando los datos de acuerdo a los parámetros que se medirán en cada pregunta de investigación. Como resultado se han obtenido 32 artículos en las revistas previamente seleccionadas, y 11 de estudios relacionados (recomendados de forma automática por la plataforma ScienceDirect) que aportaban a la respuesta de cada una de las preguntas de Investigación. Las revistas con mayor cantidad de artículos revisados son *Computers & Education* y *Research in Development Disabilities* (10 articles, 23.6%) en porcentajes similares. Respecto de la búsqueda inicial, la revista *Computers in Human Behaviour* aporta con 3 artículos, que representan el 300% de la búsqueda inicial; la revista *Pediatrics* no ha aportado con ningún artículo, pese a que en la búsqueda inicial se postulaba como la que mayor relación y artículos podría aportar a la revisión bibliográfica.



**Figura 7.** Artículos revisados por revista

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Journal Code	Primer Ord.	Journals Name	Nro. Artículos			
			Review papers	Percent General	Percent / First Sum	First Sum
JCR Science Edition						
SE1	1	Pediatrics	0	0,00%	0%	10
SE2	2	Computers & Education	10	23,26%	43%	23
SE3	3	PLoS ONE	1	2,33%	11%	9
SE4	8	IEEE Transactions On Neural Systems And Rehab. Eng.	2	4,65%	50%	4
SE5	10	Physical Therapy	1	2,33%	50%	2
JCR Social Science Edition						
SSE1	4	Journal Of Autism And Developmental Disorders	1	2,33%	11%	9
SSE2	5	Child Development	0	0,00%	0%	3
SSE3	6	Research in Developmental Disabilities	10	23,26%	45%	22
SSE4	7	Journal of Learning Disabilities	1	2,33%	14%	7
SSE5	9	Journal of Intellectual Disability Research	2	4,65%	22%	9
SSE6	11	Computers In Human Behavior	3	6,98%	300%	1
SSE7	12	Journal of Computer Assisted Learning	1	2,33%	50%	2
Total articles			<b>32</b>		<b>32%</b>	<b>101</b>
Other Articles Recomendated by ScienceDirect			11			0
<b>Total</b>			<b>43</b>			

**Tabla 8.** Número de estudios analizados en esta revisión

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Los artículos fueron decargados y codificados en secuencia luego de su descarga, adhiriendo las sintaxis

*RQ[n]\_[nArt]\_J[nJournal]\_[year]\_[last\_name Author]\_[Title\_article],*

así:

***RQ1\_01\_SSE2\_2013\_Danna\_Signal-to-Noise velocity peaks difference,***

en donde:

**RQ1:** Pregunta de Investigación 1

**01:** Artículo número 1 (referente al primer artículo seleccionado)

**SSE3:** *Journal Research in Developmental Disorders*, según Tabla7

La plataforma para la administración de la bibliografía es Mendeley<sup>8</sup>, en donde se conserva algunos datos relevantes para identificar los documentos como *Tags*: (RQ1, SSE1, SLR) y ubicando los datos relevantes en la zona *Notes*; esta plataforma presenta muchas ventajas en la investigación, entre las que destaca su capacidad de trabajo cooperativo, generación de bibliografía desde un *Plugin* para Microsoft Word e importación de metadatos de los artículos desde la web, pdf o estándares como *BibTeX*, *EndNote XML*, *Research Information System (RIS)*, entre otros. Toda esta información se ubica en una carpeta compartida en esta plataforma para que pueda ser retroalimentada por todo el equipo de investigadores.

<sup>8</sup> <https://www.mendeley.com/newsfeed/> Mendeley official web page (view 1-jun-2016); Mendeley es una plataforma para la administración cooperativa de bibliografía, con adaptación a estándares internacionales de etiquetado de fuentes bibliográficas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 3.2.3. Reportar la Revisión

*RQ1 - ¿Qué estándares para interacción gestual niño/a-computador se están aplicando en ambientes educativos-inclusivos?*

De los estándares ISO 9241 (Ergonomics of human-system interaction), se ha seleccionado los que refieren a nuestro estudio: (Bevan, 2001)		f
ISO 9241-9: Environment	(Ahmed & Parsons, 2013; Cano & Sanchez-Iborra, 2015; Cheng & Huang, 2012; Fernández-López, Rodríguez-Fórtiz, Rodríguez-Almendros, & Martínez-Segura, 2013; Jarus et al., 2015; Mich, Pianta, & Mana, 2013; Parés et al., 2006; Shih, Shih, & Chu, 2010; Toki & Pange, 2010)	8
ISO 9241-10: Interface	(Cai et al., 2013; Cantón, González, Mariscal, & Ruiz, 2012; Crisco, Schwartz, Wilcox, Costa, & Kerman, 2015; de la Guía, Lozano, & Penichet, 2015; Fernández-López et al., 2013; Lahiri, Bekele, Dohrmann, Warren, & Sarkar, 2013; Marco, Cerezo, & Baldassarri, 2012; Mich et al., 2013; Parés et al., 2006; Seo & Woo, 2010; Shahin et al., 2015; Stasolla et al., 2015; Torrente, Freire, Moreno-Ger, & Fernández-Manjón, 2015; Wuang, Chiang, Su, & Wang, 2011)	14
ISO 9241-11: Usability.	(Lahiri et al., 2013; Marco et al., 2012; Mich et al., 2013; Seo & Woo, 2010; Torrente et al., 2015)	5
ISO 9241-17: Interaction	(Cai et al., 2013; Cantón et al., 2012; Cheng & Huang, 2012; de la Guía et al., 2015; Dovis, Van der Oord, Wiers, & Prins, 2015; Doyle & Arnedillo-Sánchez, 2011; Feng, Lazar, Kumin, & Ozok, 2010; Fletcher-Watson, Pain, Hammond, Humphry, & McConachie, 2016; Hall, Hammond, Hirt, & Reiss, 2012; Hamzah, Shamsuddin, Miskam, Yussof, & Hashim, 2014; Jong, Hong, & Yen, 2013;	17

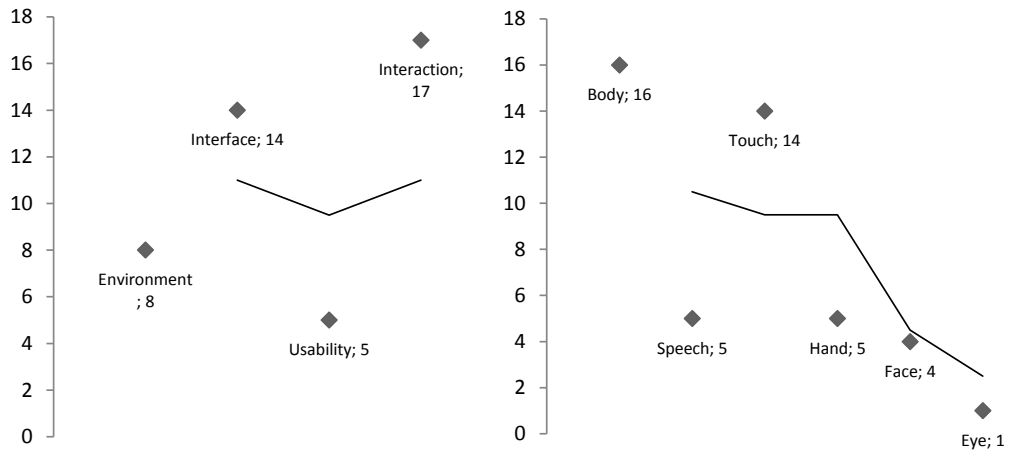
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

	Keskinen, Heimonen, Turunen, Rajaniemi, & Kauppinen, 2012; Lahiri et al., 2013; Marco et al., 2012; Marti & Giusti, 2010; Mombarg et al., 2013; Parés et al., 2006)	
Tipo de Interacción Gestual: (ISO, 2015a, 2015c) (ISO 9241-960 Framework and guidance for gesture interactions) (ISO 9241-210 Human-centered design for interactive systems)		
Body	(Cantón et al., 2012; Crisco et al., 2015; Jarus et al., 2015; Jelsma, Ferguson, Smits-Engelsman, & Geuze, 2015; Jong et al., 2013; Keskinen et al., 2012; Lahiri et al., 2013; Levac et al., 2012; Marti & Giusti, 2010; Mombarg et al., 2013; Parés et al., 2006; Sanna, Lamberti, Paravati, & Rocha, 2013; Shih et al., 2010; Stasolla et al., 2015; Torrente et al., 2015; Wuang et al., 2011)	16
Speech	(Keskinen et al., 2012; Shahin et al., 2015; Toki & Pange, 2010; Tressoldi, Vio, & Iozzino, 2007; Wagner et al., 2012)	5
Touch	(Ahmed & Parsons, 2013; Campigotto, McEwen, & Demmans Epp, 2013; Cantón et al., 2012; Fernández-López et al., 2013; Fletcher-Watson et al., 2016; Hall et al., 2012; Hassan & Danish, 2015; Jones, Scanlon, & Clough, 2013; Jong et al., 2013; Keskinen et al., 2012; Marco et al., 2012; Rosenblum & Regev, 2013; Shahin et al., 2015; Tressoldi et al., 2007)	14
Hand	(Cai et al., 2013; Cano & Sanchez-Iborra, 2015; F.A Mahmoud, A.F.Belal, & M.K. Helmy, 2014b; Rosenblum & Regev, 2013; Tabatabaei & Chalechale, 2014)	5
Face	(Gordon, Pierce, Bartlett, & Tanaka, 2014; Hamzah et al., 2014; Rosenblum & Regev, 2013; Tabatabaei & Chalechale, 2014)	4
Eye	(Lahiri et al., 2013)	1

**Tabla 9.** Artículos que aplican estándares ISO 9241-960 e ISO 9241-210

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

El estándar que mejor referencia a la interacción multi-táctil es ISO/IEC 14754 que define los comandos de los gestos básicos para acciones de seleccionar, borrar, insertar espacio y línea, mover, copiar, pegar, avanzar y deshacer, extendiendo además estas acciones para pen interfaces (Cantón et al., 2012). Uno de los nuevos estándares de trabajo en IPO es el correspondiente a *Muscle-Computer Interface (MCI)*, que aunque tiene mucho de interacción natural, se estudia principalmente en el ámbito de la realidad aumentada.



Estándar ISO 9241

b. Tipo de Interacción Gestual

**Figura 8.** Estándares de interacción gestual

**RQ2** - ¿Cómo aplican las guías de diseño para interfaces naturales educativas e inclusivas para niños y niñas?

Esta pregunta está estrechamente relacionada con la primera. Para su respuesta se ha considerado los estándares expuestos y se han complementado con las fases y procesos

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de diseño, los factores humanos que interesan a nuestro campo de investigación y un complemento sobre un ámbito emergente que refiere al aspecto emocional del usuario durante la interacción. En la Tabla 9, se comparte parte de la categorización, acoplando a las necesidades del estudio y las preguntas de investigación.

Factores Humanos:		f
Senses	Todos los artículos de la siguientes sub-categoría (Sentidos humanos).	35
Memory	(de la Guía et al., 2015; DAVIS et al., 2015; Jelsma et al., 2015; Visu-Petra, Benga, Tincas, & Miclea, 2007)	4
Cognition	(Ahmed & Parsons, 2013; Cai et al., 2013; Campigotto et al., 2013; Cano & Sanchez-Iborra, 2015; Cheng & Huang, 2012; Crisco et al., 2015; de la Guía et al., 2015; DAVIS et al., 2015; Doyle & Arnedillo-Sánchez, 2011; F.A Mahmoud et al., 2014b; Fernández-López et al., 2013; Hall et al., 2012; Imhof, Scheiter, Edelman, & Gerjets, 2013; Jarus et al., 2015; Jelsma et al., 2015; Jones et al., 2013; Jong et al., 2013; Lahiri et al., 2013; Levac et al., 2012; Marco et al., 2012; Marti & Giusti, 2010; Mich et al., 2013; Seo & Woo, 2010; Shahin et al., 2015; Stasolla et al., 2015; Tabatabaei & Chalechale, 2014; Toki & Pange, 2010; Tressoldi et al., 2007; Visu-Petra et al., 2007)	29
Sentidos humanos:		
Light	---	0
Sound	(Keskinen et al., 2012; Shahin et al., 2015; Toki & Pange, 2010; Tressoldi et al., 2007; Wagner et al., 2012)	5
Smell	---	0

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Movement	(Cantón et al., 2012; Crisco et al., 2015; Jarus et al., 2015; Jelsma et al., 2015; Jong et al., 2013; Keskinen et al., 2012; Lahiri et al., 2013; Levac et al., 2012; Marti & Giusti, 2010; Mombarg et al., 2013; Parés et al., 2006; Sanna et al., 2013; Shih et al., 2010; Stasolla et al., 2015; Torrente et al., 2015; Wuang et al., 2011)(Gordon et al., 2014; Hamzah et al., 2014; Rosenblum & Regev, 2013; Tabatabaei & Chalechale, 2014) (Cai et al., 2013; Cano & Sanchez-Iborra, 2015; F.A Mahmoud et al., 2014b; Rosenblum & Regev, 2013; Tabatabaei & Chalechale, 2014)	24
Speech	(Keskinen et al., 2012; Shahin et al., 2015; Toki & Pange, 2010; Tressoldi et al., 2007; Wagner et al., 2012)	5
Touch	(Ahmed & Parsons, 2013; Campigotto et al., 2013; Cantón et al., 2012; Fernández-López et al., 2013; Fletcher-Watson et al., 2016; Hall et al., 2012; Hassan & Danish, 2015; Jones et al., 2013; Jong et al., 2013; Keskinen et al., 2012; Marco et al., 2012; Rosenblum & Regev, 2013; Shahin et al., 2015; Tressoldi et al., 2007)	14
Biological variables	---	0

**Tabla 10.** Artículos que aplican sub-categorías de guía de diseño según estándar ISO 9241-210

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**RQ3** - ¿Cuáles son los métodos/instrumentos considerados en la interacción gestual-inclusiva de niños y niñas con Síndrome de Down en ambientes educativos?

Grupo Objeto de educación: basado en la Clasificación Internacional Uniforme de Educación - UNESCO (UNESCO, 2012) - subcategoría		f
Educación Inicial	(F.A Mahmoud et al., 2014b; Visu-Petra et al., 2007)	2
Educación Primaria	(Feng et al., 2010; Næss, Melby-Lervåg, Hulme, & Lyster, 2012; Visu-Petra et al., 2007; Wuang et al., 2011)	4
Educación Secundaria o Superior		0
Rango de edad mental / edad natural.		
0 – 3	(F.A Mahmoud et al., 2014b)	1
4 – 6	(F.A Mahmoud et al., 2014b)	1
7 – 9	(Wuang et al., 2011)	1
10 -12	(Wuang et al., 2011)	1
> 12		0
No especifica	(Feng et al., 2010; Næss et al., 2012)	2

**Tabla 11.** Artículos según Grupo objeto de Educación (subgrupo UNESCO) y edad

De los estudios seleccionados son pocos los que hacen referencia a personas con SD. En esta sección se presenta en forma de cuadro general los aspectos demográficos de la población, y en la sección de discusión se presenta de forma amplia las metodologías singulares a cada estudio y su repercusión con el estudio propuesto. Conocer las especificaciones sobre el grado de alfabetización, estilo de aprendizaje y características fisiológicas es vital para la planificación de su instrucción, preparación de estrategias

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

didácticas y los recursos para su interacción en el aula (Ratz, 2013). De los artículos estudiados, el 16,28% corresponde a estudios específicos realizados con esta población y uno para *fragile X Syndrome* (Hall et al., 2012) que considera también a este subgrupo de estudio. Así mismo el estudio de Tabatabaei (Tabatabaei & Chalechale, 2014) no refiere a una actividad académica formal, sino al uso de imágenes de niños y niñas de temprana edad para establecer patrones de diferenciación en imágenes según sus rasgos faciales particulares.

**RQ4** - *¿Cómo se ha evaluado los resultados de investigación en entornos de interacción no invasivos?*

Del listado de artículos estudiados, no hay ninguno de tipo experimental que haya considerado mantener el ambiente cotidiano de interacción y trabajo. Parés (Parés et al., 2006) hace un esfuerzo realizando un estudio sobre el diseño de interacción para niños y niñas con Autismo y poca funcionalidad visual, presentando como resultado un protocolo con un espacio multi-sensorial, con valoración de estímulos visual, aural y vibro-táctil; aunque en el diseño compartido con las especificaciones del autor se plantean aspectos de interacción no invasiva, no se aplica de manera sucinta parámetros para que el estudiante conserve su espacio de interacción, sino un espacio desmontable que se debe instalar como una pequeña habitación para interacción personalizada.

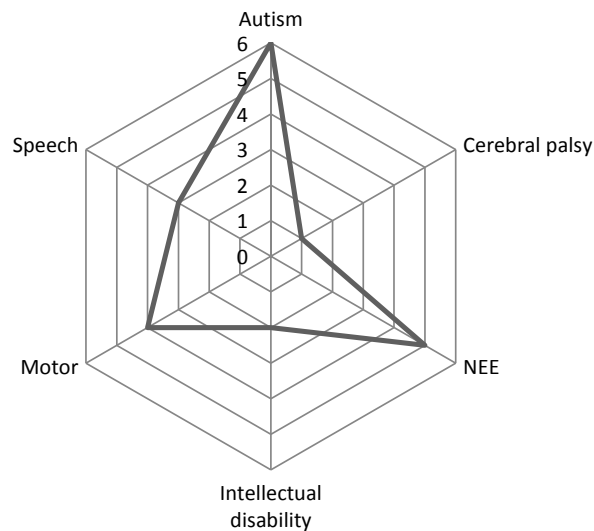
**RQ5** - *¿Qué procesos se han adaptado para la personalización de recursos de interacción, teniendo en cuenta las discapacidades y necesidades educativas de cada niño?*

El 48,83% de los artículos revisados de alguna forma considera la personalización de los recursos, al menos en la parte teórica y conceptual. De este grupo, como se puede ver en el Gráfico 5, los estudios sobre autismo son los que en su mayoría (28,57%) hacen énfasis en la personalización de recursos, seguido de las NEE de forma general (23,81%). No hemos encontrado en este grupo de artículos un estudio experimental que describa la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



aplicación de una plataforma para personalizar los recursos didácticos de los estudiantes en el aula, formal o informal; Mahmoud (F.A Mahmoud et al., 2014b) y Tabatabaei (Tabatabaei & Chalechale, 2014) comparten un modelo de *Sistema Inteligente de Tutoría* aplicable a Síndrome de Down en el primer caso, y a desorden del lenguaje en el segundo.



**Figura 9.** Necesidad Especial: nombre y cantidad

### 3.3. DISCUSIÓN SOBRE REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de literatura en el ámbito de interacción gestual para ambientes educativos inclusivos como se expone en la parte introductoria ha sido limitada, y no satisface para responder las cinco preguntas de investigación propuestas. Se ha adaptado la metodología de Kitchenham (Kitchenham, 2004) y Bacca(Bacca et al., 2014), con una estrategia de búsqueda de literatura y modelo matemático de selección de las revistas, y dentro de estas de documentos relevantes al estudio. Por cada revista se han seleccionado diversos documentos, que permiten dar respuesta a una o más RQs, filtrando los resultados

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de forma automática a través de scripts con sentencias semánticas de búsqueda. Este método en sí, pese a no corresponder a uno de los objetivos del estudio, ya corresponde un aporte a la comunidad científica, ya que se ha demostrado su aplicabilidad en un proceso sistemático de revisión de literatura científica.

En respuesta a las preguntas de investigación, estas se plantearon de tal forma que brinden parámetros de arquitectura y diseño de aplicaciones para interfaces gestuales de interacción, conocer los métodos/instrumentos para diseñar y evaluar estos recursos, y un posterior avance sobre la posibilidad de personalización de estos recursos de interacción. Analizando los parámetros de los estándares ubicados como variables a medir, el 32,56% de artículos aplican el estándar ISO 9241-10, superado solamente por el 39,56% que consideran ISO 9241-15 relacionado con Interacción; solamente Cai (Cai et al., 2013) y Cantón (Cantón et al., 2012) aplican simultáneamente los dos estándares: interacción e interface. Un factor a considerar es la limitada aplicación del estándar ISO 9241-11-Usabilidad, que se debe considerar y aplicar para promover un mejor aprendizaje, que es más relevante en población con necesidades educativas especiales; factores como modo de interacción, estilo de interacción, y las carencias y potencialidades cognitivas y motrices deben considerarse para garantizar la eficiencia, eficacia y utilidad, como objetivos de usabilidad en IPO.

Las variables referentes a guías de diseño tienen relación directa con los estándares resultantes en RQ1. La ISO 2941-210 sustituyó a la ISO 13407 a mediados de 2009, y trata específicamente del diseño centrado en el usuario, teniendo como objetivos entre otros a: comprender y especificar los contextos de uso (usuarios, tareas y entornos), requerimientos de usuario lo suficientemente claros para hacer un buen diseño, con las especificaciones y patrones que permitan construirlo cumpliendo todos los requerimientos, y retroalimentar una actualización permanente acorde a las nuevas necesidades presentadas por el usuario (Bevan, 2001; ISO, 2015b). Keskinen (Keskinen et al., 2012) y Shahin (Shahin et al., 2015) en sus estudios abarcan sonido y movimiento; además los estudios donde se

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

trabaja con sonido, en su totalidad hacen referencia a speech y comandos por voz. No se han registrado estudios que consideren los sensores *light, smell or biological*.

Para el diseño de interfaces, es relevante conocer los tipos de interacción desde la que se han realizado, así como sus métodos de aplicación; los resultados visibles en *Grafico4* muestran que esta se aplica principalmente en *body (body, motor, kinesthetic, move)* y *touch (touch, tablet, iPad)*, que representan el 37,21% y 32,56% respectivamente. El auge de los dispositivos móviles y el abaratamiento de los sensores de interacción gestual desde movimiento corporal, en especial para videojuegos hace que esta tecnología sea cada vez más asequible para ambientes de investigación y didáctica en las aulas de clase.

Como tendencia en diseño, y en el proceso de personalización de los recursos, el conocimiento del estado emocional del individuo permite plantear estrategias de reactivación y motivación. Las emociones básicas de Ekman propuestas en 1972 (alegría, ira, miedo, asco, sorpresa y tristeza), y posteriormente ampliadas y codificadas en emociones positivas y negativas (alivio, bochorno, contento, culpa, diversión, desprecio, entusiasmo o excitación, felicidad, ira, miedo, orgullo o soberbia, placer sensorial, repugnancia o asco, satisfacción, sorpresa, tristeza, vergüenza) (Ekman, 1999) son las referentes en estudios de este tipo; de este conjunto de emociones se han presentado aplicaciones que hoy están a la vanguardia como *AffdexMe* de la empresa *Afectiva*, o la propia de Microsoft aplicable a través de su dispositivo de interacción Kinect; en ambos casos se dispone de un SDK para desarrolladores. EMODIANA es uno de los instrumentos para la medición subjetiva de emociones en niños y niñas encontrado en el estudio; esta permite medir 10 emociones básicas, representadas en personajes y etiquetas que facilitan su lectura y relación, brindando además la posibilidad de medir su intensidad a través de una diana (González-González, Cairós-González, et al., 2013). De los documentos revisados, solamente Campigotto (Campigotto et al., 2013) toma en consideración el estado *fun* de los estudiantes durante la interacción con el programa *MyVoice* en la plataforma *iOS*.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Sobre las metodologías aplicadas, decir que se han realizado en poblaciones de infancia y niñez, que no superan los 12 años (F.A Mahmoud et al., 2014b; Visu-Petra et al., 2007) que a su vez corresponde a población de educación temprana y primaria (Feng et al., 2010; Næss et al., 2012; Visu-Petra et al., 2007; Wuang et al., 2011). Las demás subcategorías no se han ubicado debido a que el estudio se relaciona a niños y niñas, y los rangos de edad no abarcan estos niveles. Son pocos los estudios publicados en revistas de alto impacto sobre la aplicación de dispositivos de interacción gestual en ambientes de educación para niños y niñas con DS, por lo tanto se establece como un área estratégica de trabajo, en la cual se puede aportar de manera significativa, y a la cual se debe promover a los diversos grupos de investigación en educación inclusiva. En el ámbito específico de investigación, Wuang (Wuang et al., 2011) aplica un método quasi-experimental en una población (n=105) obtenida de forma aleatoria (p=210) de cinco escuelas del área metropolitana; trabajan con un grupo de control, *Standard occupational therapy* (SOT) y VR con *Wii* (VRWii). Næss (Næss et al., 2012) realiza un meta análisis de literatura sobre habilidades lectores en niños y niñas con DS siguiendo el método sugerido por PRISMA. Mahmoud (F.A Mahmoud et al., 2014b) realiza un estudio teórico-técnico para diseñar una arquitectura de *Sistema Inteligente de Tutoría* aplicable a personas con DS. Feng (Feng et al., 2010) realiza un estudio de campo a través de encuestas a padres de niños y niñas con SD para establecer sus competencias y la de los niños y niñas respecto de la interacción con tecnologías informáticas. Visu-Petra (Visu-Petra et al., 2007) divide a la población en dos grupos: control y experimental (n=25) a los que aplica insumos de valoración visual-espacial en modo pre-test y post-test. Son pocos los estudios expuestos en esta zona debido a que no todos los documentos refieren a un proceso experimental; estos han sido de tipo cualitativo y cuantitativo, en procesos de comparación entre grupos relacionados y también longitudinales con un grupo específico; no se han encontrado estudios de caso, pese a ser la metodología más aplicables en estudios del ámbito social aplicables a población con NEE.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Los procesos de recolección de datos son diversos y se adaptan a las necesidades de cada estudio, así Wuang (Wuang et al., 2011) Aplica los test: *The Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency-Second Edition* (BOT-2), *Developmental Test of Visual Motor Integration* (VMI) y *Test of Sensory Integration Function* (TSIF). Por su parte para conocer sobre el uso de computadoras por parte de niños y niñas con DS, Feng (Feng et al., 2010) prepara un test de 56 preguntas específico para niños y niñas que usan computadoras. Visu-Petra (Visu-Petra et al., 2007) hace uso de tareas de memoria viso-espacial de *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery* (CANTAB) para tener un referente en la lectura de reconocimiento viso-espacial y tareas de memoria. La tecnología se aplica principalmente es la Realidad virtual, a través de juegos Wii (Wuang et al., 2011) y con aplicaciones de Inteligencia Artificial para Intervención temprana en la enseñanza de las matemáticas (F.A Mahmoud et al., 2014b). La existencia de métodos validados permite que los diseños posteriores dispongan de herramientas de validación de la interacción, accesibles desde la web de sus diseñadores, con un requerimiento de tiempo para aplicación de entre 15 y 60 minutos.

Los resultados obtenidos en todos los estudios seleccionados son optimistas. Wuang (Wuang et al., 2011) aplicando MANOVA para comparativa de covarianza de matrices para los tres test y tres grupos encuentra diferencia significativa con el trabajo con VR y Wii. Næss (Næss et al., 2012) por su parte sugiere que “early vocabulary interventions for children with Down syndrome may be beneficial to their development of decoding skills”. Mahmoud (F.A Mahmoud et al., 2014b) presenta una arquitectura ITS para enseñar matemáticas a niños y niñas con Síndrome de Down y un *framework* ITS para *Early Intervention* to DS aplicando Inteligencia Artificial. Feng (Feng et al., 2010) explica como la edad del niño incide directamente en los diferentes grados de dificultad para el uso de tecnología, así como la necesidad de apoyo por parte de sus padres, por tanto es de gran importancia que los padres tengan un conocimiento suficiente del uso de computadores. Visu-Petra(Visu-Petra et al., 2007) no encuentra diferencia estadística para establecer una disociación entre memoria de reconocimiento visual y espacial; pero sí, que la memoria

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

viso espacial se incrementa de forma directa en relación con la memoria de trabajo. Estos estudios de alguna forma resumen los resultados aplicando diversas metodologías.

Diseñar un proyecto de interacción no invasivo permite al investigador que los resultados sean más cercanos a la realidad cotidiana del individuo. En nuestro caso de los estudios revisados, solamente uno plantea una metodología no invasiva, pero en la práctica no se aplicó. Este es otro de los espacios donde se encuentra un gran espectro para futuras investigaciones.

Finalmente, un aspecto sobre el cual giran todas las Preguntas de Investigación es la personalización de recursos de interacción; este aspecto es considerado en las proyecciones compartidas en el informe NMC Horizon k-12 2015 (Johnson et al., 2015), como una de las tendencias que mayor aportarían a la formación inclusiva, ampliando su cobertura desde tecnologías emergentes en IA y recursos de interacción gestual cada vez más asequibles. Una interfaz debe ser usable y accesible, creada considerando las singularidades de cada usuario y el fin último de su aplicación, y siguiendo los principios, lineamientos y estándares adecuados para el usuario (Kurosu, 2013). No se han encontrado dentro de los documentos estudiados alguno que proponga una plataforma, app o herramienta para la personalización de recursos en el aula de clase.

Se han focalizado varios ámbitos con espacios desde los cuales se puede proponer estudios y proyectos de intervención; así mismo se ha compartido metodologías y herramientas validadas para aplicar en estos estudios. Los aspectos de diseño ya han sido estandarizados y son varios los investigadores que muestran muy buenos resultados aplicando estándares para interface, interacción y entorno, siendo la usabilidad otro aspecto a considerar. Todo esto ha sido revisado en bibliografía seleccionada de forma sistemática para la interacción gestual en entornos educativos inclusivos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 3.4. CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

- La propuesta metodológica adaptada al método de Kitchenham (Kitchenham, 2004) y Bacca (Bacca et al., 2014), permite la selección de estudios científicos de una forma asertiva, organizada y enfocada en las necesidades de usuario. Con los resultados de esta revisión sistemática se comprueba su validez en el campo de la investigación científica, permitiendo al investigador ubicar bases de datos, revistas científicas de impacto y autores de gran trascendencia y relevancia que trabajan su línea de investigación.
- Los estándares ISO 9241-960 (Ergonomics of human-system interaction) e ISO 9241-210 (Human-centered design for interactive systems) son los más aplicados en el ámbito de la interacción gestual niño-ordenador, destacando en el primero ISO 9241-17: Interaction y en el segundo los tipos de interacción motriz (body) y touch.
- Las guías de diseño para interfaces naturales se aplican parcialmente en algunos estudios, resaltando los casos de cognición y sensorial como factores humanos; los sensores mayormente aplicados con de movimiento (motor) y táctiles. No se ha considerado en ningún estudio específico la valoración emocional, ya sea como una medición subjetiva u objetiva.
- Los pocos estudios aplicados a población con Síndrome de Down han sido en edades entre 0 y 12 años, que no superan en ningún caso la educación primaria inicial. La tecnología que se aplica principalmente es la Realidad virtual, a través de juegos Wii y con aplicaciones de Inteligencia Artificial para intervención temprana en la enseñanza de las matemáticas.
- No se encontraron estudios experimentales que se desarrollen de manera específica en entornos de interacción no invasivos; si se han presentado propuestas de diseño

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

de protocolos de trabajo en espacios multi-sensoriales, pero es necesario llevar al estudiante a este nuevo ambiente de interacción.

- No hemos encontrado en este grupo de artículos un estudio experimental que describa la aplicación de una plataforma para personalizar los recursos didácticos de los estudiantes en el aula. Se han planteado dos modelos de *Sistema Inteligente de Tutoría* apoyados en sistemas expertos y algoritmos de inteligencia artificial.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



*Ser diferente  
es algo positivo*

P. Pineda

## PARTE II: METODOLOGÍA Y TRABAJO DE CAMPO

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO IV

### 4. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

Se realiza una explicación detallada de todo el espectro metodológico que involucra el estudio, que permita dar cumplimiento a todos los objetivos planteados. En la parte inicial se expone aspectos generales como el planteamiento de objetivos, hipótesis y preguntas de investigación, detalle de la muestra poblacional para el estudio, modelo matemático que se aplica en algunos casos y los instrumentos y herramientas para la interacción y toma de datos, dentro de los cuales destacan: Tango:H, EMODIANA y los sensores Kinect y eye-tracker.

En las secciones posteriores se detalla todo el protocolo seguido durante el proceso de interacción en el aula de clase, tanto convencional como de interacción gestual, y la toma de datos desde diversas fuentes: observacional, desde sensores y grabaciones en video. Se explica así mismo todo el protocolo para el tratamiento de los datos para que desde un entorno ordenado se puedan ir trabajando, ya sea por anotadores externos, como por algoritmos de análisis. Finalmente se presentan los procedimientos, tanto cualitativos como cuantitativos para la validación de las hipótesis y cumplimiento de los objetivos del estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 4.1. DISEÑO GENERAL DE INVESTIGACIÓN

### 4.1.1. Preguntas de Investigación

Desde un contexto general esta investigación busca, desde técnicas y métodos científicamente probados y validados conocer el comportamiento emocional y de adaptación de individuos con Síndrome de Down ante recursos didácticos personalizados en una plataforma de interacción gestual. Para esto se ha procedido a estimular su potencialidad viso-espacial mediante recursos personalizados adaptables a la plataforma de interacción gestual Tango:H en un aula de clase. Se prevé encontrar recursos y formas de mejorar en los procesos de aprendizaje teniendo en cuenta su capacidad perceptiva visual, así como los procesos de representación, simbolización y abstracción, explícitos en: memoria viso-motriz, memoria de trabajo y capacidades viso-espaciales. Para la orientación de la investigación y teniendo en cuenta la amplitud del estudio de se plantean las siguientes preguntas:

Desde la perspectiva científica de la Experiencia de Usuario sobre la base de la Interacción Persona Ordenador:

*P1. ¿Son los objetos didácticos adaptados desde el aula de clase convencional el aula de clase con interacción gestual con Tango:H, adecuados a las necesidades de los niños y niñas con Síndrome de Down, teniendo en cuenta métricas de usabilidad y patrones de seguimiento ocular?*

*P2. ¿El espectro de emociones producto del estudio de Experiencia Afectiva de Usuario con personas con Síndrome de Down corresponde a las relacionadas con un ambiente de motivación que promueve el aprendizaje?*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Estas preguntas se responderán a partir de los objetivos planteados, siguiendo la metodología que se expone en esta sección, y de forma individual en los ítems singulares para cada ámbito de investigación en los capítulos V y VI.

#### **4.1.2. Objetivos de Investigación**

Los objetivos a lograr en la presente investigación son:

##### **A. Diseñar un modelo IPO con análisis de emociones para personas con Síndrome de Down**

A1. Estudiar las necesidades individuales, tanto cognitivas como motrices de los niños y niñas con Síndrome Down de la población muestral.

A2. Seleccionar y adaptar una plataforma de interacción al MS Kinect como IPO base.

A3. Diseñar o adaptar soluciones desde minería de datos y aprendizaje automático orientadas al análisis de emociones con la plataforma IPO y recursos didácticos elaborados.

##### **B. Potenciar el desarrollo cognitivo significativo en las personas con Síndrome Down potenciando su memoria viso-espacial e inteligencia emocional estimulada por recursos lúdicos.**

B1. Elaborar recursos digitales lúdicos adaptables a las capacidades cognitivas y motrices, inteligencia emocional y estilos de aprendizaje individual de cada niño de la población muestral.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

B2. Aplicar los recursos digitales con una estrategia pedagógica y técnica acorde a la metodología propuesta.

B3. Evaluar el comportamiento de las personas con Síndrome de Down ante recursos didácticos en entornos de interacción gestual, con el fin de establecer patrones base de mejoras en el diseño e interacción.

Para el cumplimiento de estos objetivos planteados al iniciar la investigación es necesario conocer de forma técnica y científica el comportamiento emocional y de adaptación de individuos con Síndrome de Down ante recursos didácticos personalizados en una plataforma de interacción gestual. Se ha propuesto cumplir con los objetivos desde una metodología de investigación científica sostenida en estándares de *Usabilidad* y *UAX*, desde procesos, modelos matemáticos y algoritmos verificables que sustenten el contexto teórico-práctico de la propuesta; los insumos de la recopilación de datos se obtienen de forma técnica y organizada, cumpliendo actividades concretas como las que se mencionan:

- 1) Conocer las necesidades cognitivas y motrices de las personas con Síndrome de Down, desde el contexto teórico científico como de la muestra de estudio de forma individual, como base para la propuesta de recursos didácticos personalizados.
- 2) Adaptar los recursos didácticos convencionales a recursos digitales funcionales con la plataforma de interacción gestual Tango:H.
- 3) Realizar la recopilación técnica y metodológica de datos de interacción y variación emocional desde múltiples orígenes: observación sistemática, biométricos, desde sensor de seguimiento de mirada y en video; para su posterior análisis y validación.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- 4) Conocer la Usabilidad de los recursos didácticos personalizados para aulas convencionales y de interacción gestual.
  - a) Realizar estudio de Usabilidad de los recursos didácticos aplicados a individuos con Síndrome de Down considerando métricas de eficiencia, eficacia, facilidad de aprendizaje y satisfacción de usuario.
  
- 5) Analizar la variación del comportamiento emocional de usuarios con Síndrome de Down en aula de clase experimental con interacción gestual y recursos didácticos digitales personalizados.
  - a) Diseñar un modelo de estudio de Experiencia Afectiva de Usuario (UAX) desde múltiples fuentes de reconocimiento de emociones en aula de clase experimental con interacción gestual.
  - b) Adaptar algoritmos de minería de datos y aprendizaje automático para establecer modelos entrenados de comportamiento emocional de usuario.
  - c) Obtener un corpus de emociones basadas en video de niños y niñas con SD tomadas desde un espacio de interacción gestual en un ambiente de aula de clase.
  
- 6) Diseñar una arquitectura general para adaptar la plataforma de interacción gestual utilizada y modelos de aprendizaje a un aula de clase inteligente para la personalización automática de recursos didácticos basados en estado emocional.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### **4.1.3. Planteamiento de hipótesis**

**h1.** *Los recursos didácticos diseñados para la interacción gestual en aula de clase son los adecuados para estudiantes con SD según métricas de Usabilidad.*

**h2.** *Los patrones de interacción de niños y niñas con SD se adaptan mejor sobre recursos didácticos diseñados para interacción gestual que para aula convencional.*

**h3.** *Desde algoritmos de aprendizaje automático, es posible discriminar este comportamiento emocional a partir de los datos obtenidos de un ambiente multimodal en un aula de clase con la plataforma interacción gestual.*

#### **4.1.4. Muestra Poblacional**

Se trata de un estudio quasi-experimental, por tanto la muestra de nuestra población ha sido seleccionada de forma directa en reunión de trabajo con profesores y directivos, previo consentimiento de representantes legales de cada uno de los individuos. Todos forman parte de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife, con sede en Santa Cruz de Tenerife-España. Siguiendo las sugerencias y protocolo institucionales previa interacción en el aula de clase convencional, se comprueba el cumplimiento de aspectos fisiológicos y psicológicos básicos del estudiante: alimentación, cansancio mental, simpatía hacia el profesor y persona con la que va a trabajar.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Grupos	Demografía		Recursos		
		Edad Cronológica	Edad Mental	Aula de clase Convencional	Aula con Tango:H
Experimental (GE) (2M / 1F)	Prom.	25	7	Seleccionar	Ordenar
	DevSt	4.9667	.8165	Discriminar	Seleccionar
	Min.	18	6	(6 hojas)	Clasificar
	Max.	29	8		(5 hojas)
Control (GC) (2M / 1F)	Prom.	13.67	6.67	Seleccionar	NN
	DevSt	4.1096	1.6997	Discriminar	
	Min.	9	5	(6 hojas)	
	Max.	19	9		

**Tabla 12.** Demografía de los dos grupos de participantes evaluados en este estudio

Por razones metodológicas y para evitar sesgos, en estudio que precede se consideró algunos lineamientos, que tienen relación directa con la valoración de estrategias didácticas y variación del aprendizaje:

- Se trabajará con dos grupos: experimental (GE) y de control (GC)
- Los dos grupos deberán ser equitativos en cuanto a edad cognitiva y tópicos curriculares.
- Los dos grupos tendrán igual número de participantes.
- El número de personas por grupo estará en el rango de tres a cinco, ya que se tienen que diseñar planes de clase individuales para cada estudiante e intervención.

Teniendo en cuenta las directrices previas, se han seleccionado tres individuos por cada grupo (GE y GC), con una edad mental promedio de GE=7 años (SD=.81) y GC=6.67 años (SD=.94), detallados en la *Tabla 13*. Para algunos casos se ha como el estudio de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



usabilidad de los recursos didácticos para Tango:H, así como los estudios de UAX donde se evalúa solamente la interacción gestual, los datos del grupo de control ha sido discriminada.

## 4.2. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

El estudio comprende claramente dos ámbitos dentro del estudio de la experiencia de usuario. Las fuentes de datos han sido variadas sobre todo que se realiza la validación de recursos en un primer momento, y posteriormente del ámbito afectivo del usuario, y se intenta realizar una validación multimodal desde diversos orígenes y estímulos sensoriales del individuo.

### 4.2.1. Instrumentos y herramientas de toma de datos

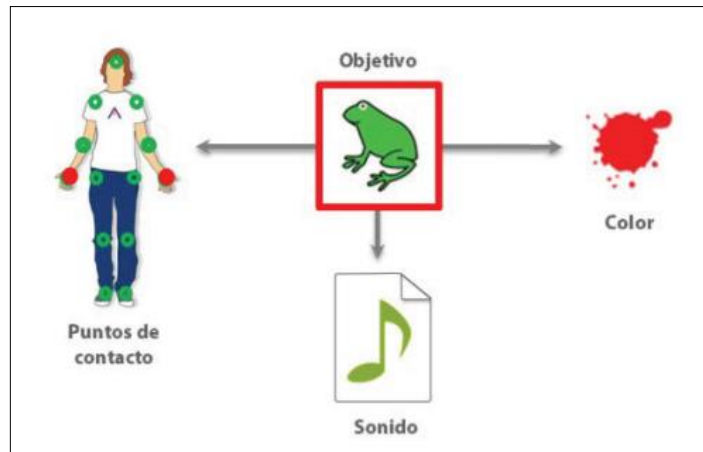
Se hace un detalle de los principales instrumentos utilizados para la toma de datos. En los casos particulares de herramientas utilizadas en un objetivo puntual, este se detallará en la sección correspondiente.

#### 4.2.1.1. Tango:H

Tango:H es la plataforma base con la cual se cuenta en esta investigación para la valoración de la interacción gestual con recursos didácticos personalizados. Es una plataforma destinada a la rehabilitación física y al entrenamiento cognitivo a través de ejercicios que requieren un movimiento por parte del usuario (ITER, 2013b). En el manual de usuario desarrollado por ITER (ITER, 2013a) proponen el siguiente planteamiento para su funcionamiento:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

1. Los ejercicios representados por Tango:H están compuestos por un conjunto de objetivos.
2. Estos irán apareciendo secuencialmente por pantalla de forma agrupada.
3. El usuario deberá alcanzar estos objetivos siguiendo unas determinadas pautas. (Ver *Figura 12*)



**Figura 10.** Objetivo y Propiedades – Tango:H Designer

Fuente: Tango:H Designer. Manual de Usuario (ITER, 2013b, p. 4)

4. Estas pautas dependerán del tipo de ejercicio que pueden ser agrupados de la forma:
  - Ejercicios físicos. Orientados a fomentar la movilidad del usuario favoreciendo actividades de rehabilitación.
  - Ejercicios cognitivos. Promover la estimulación cognitiva del usuario:
    - Emparejamiento. Alcanzar objetivos relacionados por pareja.
    - Ordenación. Alcanzar objetivos por un orden determinado.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Clasificación. Alcanzar los objetivos dada una clasificación determinada.

- Ejercicios libres. No tienen una funcionalidad específica. El responsable de generar el ejercicio dispone de total libertad para crearlo

La plataforma Tango:H ha sido facilitada a la UTPL mediante convenio interinstitucional con fines de investigación y trabajo colaborativo; esta herramienta permite interactuar a través del dispositivo Kinect, mostrando puntos de contacto en pantalla que relacionan a las extremidades superior e inferior. Esta plataforma dispone de dos entornos de trabajo (P. Torres-Carrion, González-González, & Mora Carreño, 2014):

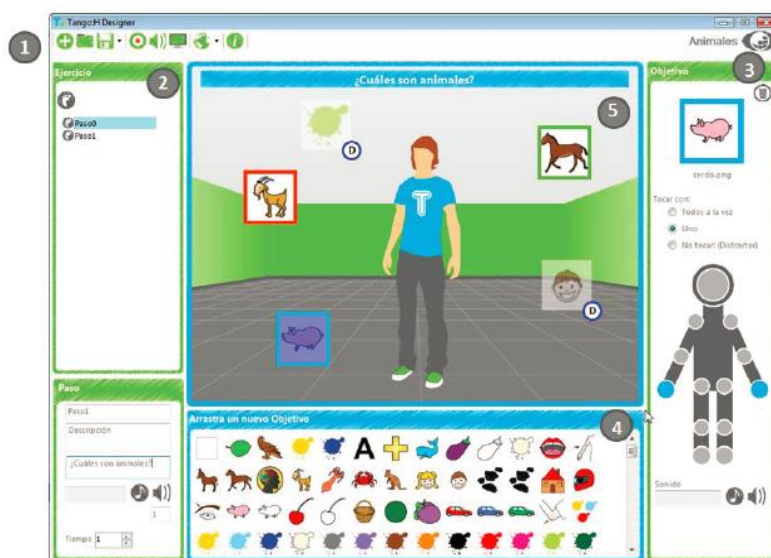
- *Tango:H Designer*.- Es un aplicativo diseñador, desde el cual el docente puede desarrollar sus recursos didácticos. Dispone de varias formas de configuración del objetivo (ver Imagen 1): todos a la vez, solo uno o distractor. En la fase (conjunto de objetivos) se puede trabajar de manera síncrona (dos o más objetos a la vez) o asíncrona (cada objetivo de manera individual). También es posible configurar la secuencia de objetos y fases de acuerdo a los requerimientos del usuario. Es importante indicar que según la lógica, esta herramienta permite el trabajo con ejercicios: físicos, cognitivos (emparejamiento, ordenación, clasificación) y libres.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**Figura 11.** Entorno de Diseño de Usuario – Tango:H Designer

Fuente: Tango:H Designer. Manual de Usuario (ITER, 2013b, p. 4)

- *Tango:H Cliente.*- Entorno para la interacción. Permite la reproducción y evaluación de una serie de ejercicios o juegos que han sido generados previamente con el editor Tango:H Designer (Tangible Goals: Health Designer). Haciendo una síntesis, esta aplicación permite (ITER, 2013a, p. 2):
  - Selección y creación de usuarios y grupos.
  - Selección e importación de ejercicios.
  - Jugar en forma individual y multijugador.
  - Almacenar y recuperar información sobre los ejercicios realizados.

El sustento técnico y experimental para evaluar las características lúdicas y de gamificación que dispone esta plataforma la realiza González-González et al. (González,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Toledo, Padrón, Santos, & Cairos, n.d.), 2013 con el estudio de la aplicación experimental en un ambiente educativo en aulas hospitalarias realizado en las Islas Canarias durante los años 2013-2014; detalla que cada recurso individual de interacción está compuesto por (de menor a mayor): *punto de contacto* (disponibles desde MS Kinect), *objetivo* (imagen o región de la pantalla), *etapa* (conjunto de objetivos), *paso* (conjunto de etapas, puede ser secuencial o aleatorio), y a nivel macro *ejercicio* (archivo que contiene todos los recursos). La plataforma dispone de dos modos de juego: solo y pareja. Los elementos de juego disponibles en la plataforma son:

- *Puntos*: recompensar o castigar a través de los puntos. En Tango:H el usuario puede obtener puntos por cada ejercicio realizado en función de la cantidad de objetivos alcanzados y el tiempo que se gasta para alcanzarlos.
- *Comparaciones y clasificaciones* (tablas de clasificación): explora el componente social, se compara el esfuerzo con otros usuarios y/u otros tipos de clasificaciones.
- *Niveles*: los niveles están relacionados con la experiencia del usuario. Con el fin de realizar ejercicios de rehabilitación adaptables a los diferentes usuarios, podemos definir en Tango:H diferentes niveles de dificultad en el juego en función de las características, habilidades y la evolución de cada usuario. Tango:H tiene varios parámetros de configuración para personalizar y adaptar los ejercicios a diferentes usuarios, tales como: tiempo, rango de acción y redimensión de destino
- *Logros*: pueden ser virtuales o físicos; se asignan estrellas y puntajes luego de cada sesión.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**Figura 12.** Puntuación obtenida – Tango:H Cliente

Fuente: Tango:H Designer. Manual de Usuario (ITER, 2013b, p. 4)

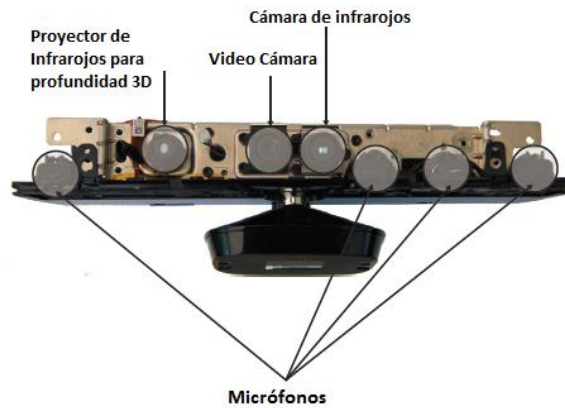
- *Significado épico:* Los jugadores estarán altamente motivados si creen que están trabajando para lograr algo. Este significado va de la mano de las estrategias que el docente planifique para la sesión de interacción.
- *Personalización de Avatar:* Tiene diferentes avatares con los que el usuario puede ser identificado. El objetivo de la personalización de avatar es aumentar el sentido de inmersión y el sentimiento de afecto por el carácter con el que el usuario identifica.

La validación fue conducida por expertos, siguiendo en el diseño una metodología centrada en usuario, y evaluando jugabilidad, usabilidad y funcionalidad (González et al., n.d.). Esta plataforma ha sido ya utilizada en otros estudios referentes a educación y rehabilitación, destacando en todos los casos su facilidad de manejo y diseño, así como la considerable respuesta afectiva de los estudiantes durante su estimulación. Todas estas

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

consideraciones permitieron la selección de la plataforma *Tango:H* como espacio de diseño de los ejercicios y puesta en marcha de la solución propuesta en este estudio.

#### 4.2.1.2. Microsoft Kinect



**Figura 13.** Vista Interna del Sensor Kinect

Fuente: Adaptación desde (Miles, 2012)

Este dispositivo es el medio de interacción que usa el paquete *Tango:H*. Como se muestra en la figura previa está compuesto de varias cámaras y sensores. La video cámara captura la imagen del usuario en formato RGB con una resolución de 1280 x 960 *pixels*, con una velocidad de 12 imágenes por segundo, con la posibilidad de 30 imágenes por segundo con resolución de 640 x 480. La cámara de profundidad es una cámara CMOS monocromática equipada con un filtro *IR-pass* (que bloquea la luz visible); este sensor lo utiliza Kinect para capturar los datos de profundidad en coordenadas 3D (x,y,z) de una escena como un *stream*. El arreglo de micrófonos consta de cuatro micrófonos que se encuentran en un patrón lineal en la parte inferior del dispositivo con un convertidor analógico-digital (ADC) de 24 bits; el audio capturado se codifica mediante PCM (Pulse Code Modulation) con una frecuencia de muestreo de 16 KHz y una profundidad de 16

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

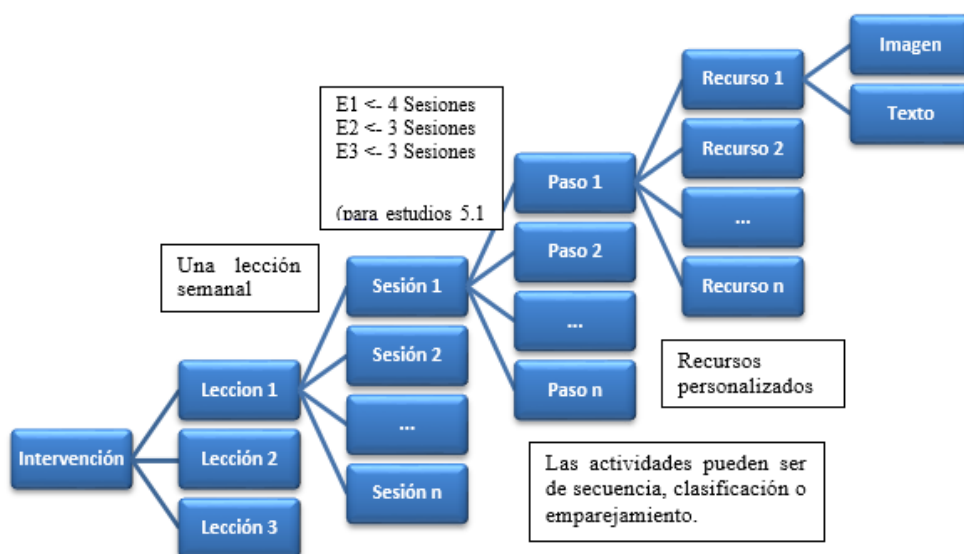
bits; esta configuración permite una discriminación del eco acústico y una supresión muy alta del ruido del ambiente. Además el dispositivo tienen un campo de visión horizontal de 57,5 grados y un campo de visión vertical de 43,5 grados (Giori, 2013). Estas son las características de hardware de Kinect 1, recurso base de interacción de Tango:H y del presente estudio.

Kinect fue diseñado como medio de interacción de la consola de videojuegos Xbox de Microsoft, sin embargo sus características fueron rápidamente consideradas por expertos y se desarrolló el *framework OpenNI* (desactualizado desde abril de 2014) para el trabajo de desde una plataforma abierta de este dispositivo. La versión 1.0 de Tango.H fue realizada desde este *framework* coordinado desde *PrimeSense* (ITER, 2013b). En posterior Microsoft presentó a la comunidad de desarrolladores su propio SDK, siendo el SDK Microsoft.Kinect1.8 la última versión adaptable al dispositivo Kinect versión 1. Una ampliación de la Estructura se expone en el Anexo 4, para facilitar la lectura de esta tesis y poner atención en los objetivos de investigación.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



#### 4.2.1.3. Diseño de Recursos de Interacción



**Figura 14.** Estructura de recursos didácticos de interacción para Tango:H  
Fuente: Organización de recursos basados en Método ELI (Ferreiro, 2012)

Siguiendo el método ELI de aprendizaje propuesto por el profesor Ramón Ferreiro (Ferreiro, 2012), se programa lecciones didácticas de trabajo, con 3 o 4 sesiones cada una, y entre 5 y 15 actividades de relación (secuencia, clasificación y/o emparejamiento), dependiendo de las habilidades, destrezas y estilo de aprendizaje de cada individuo (ver Figura 16). Para los dos primeros estudiantes se han diseñado tres lecciones y para el tercero cuatro. Todas las actividades son diseñadas de forma personalizada para cada estudiante en *TangoH Designer* (ITER, 2013b), como una réplica (dentro de lo referente a contenidos y gráficos) de los cuadernos de trabajo individuales diseñados de forma personalizada por los docentes; se siguió por tanto los objetivos de aprendizaje y competencias previstas para esta lección dentro de la planificación del ciclo académico. Se procede de una forma no invasiva, evitando cambios en la cotidianidad de las actividades de los niños y niñas, siendo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

por tanto un estudio no invasivo para las actividades académicas y de formación general que realizan dentro de la Asociación.

#### 4.2.1.4. Sensores biométricos de frecuencia cardiaca



a. Reloj



b. Cinturón cardiofrecuenciómetro. Sensor de frecuencia cardiaca



c. S&D Connect. Memoria USB de transferencia PC.

**Figura 15.** Sensores biométricos de frecuencia cardiaca

En el estudio se utilizó el pulsómetro *Geonaute/Kalenji CW 500 SD PC*, que está compuesto por (Kalenji, 2012):

- Reloj visor-administrador (Figura 17a.). Permite características de personalización a través de variables como nombre, edad, peso, sexo, entre otros.
- Cinturón cardiofrecuenciómetro (Figura 17b.), que se ubica para el tórax a la altura del corazón, y que captura de forma continua la frecuencia cardiaca del individuo.
- Dispositivo S&D Connect (Figura 17c.), para el paso de los datos hacia el computador a través del puerto USB y por conexión inalámbrica con el reloj.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

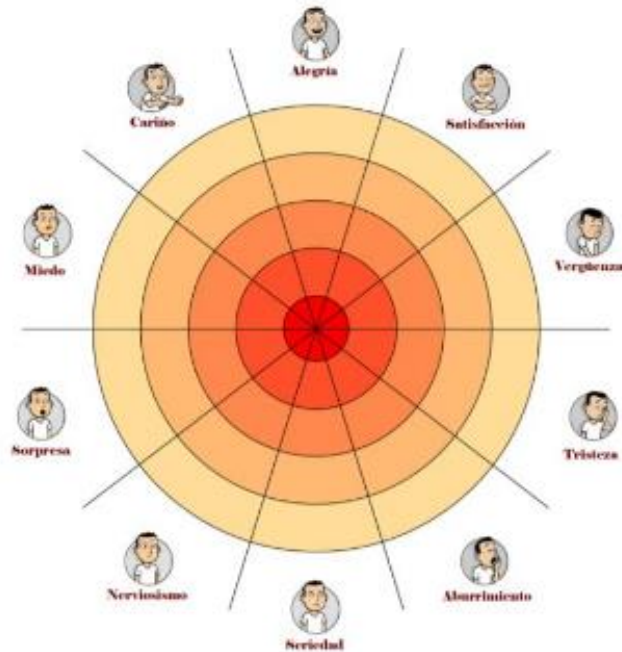
#### 4.2.1.5. Instrumento Observacional extendido de EMODIANA

En este trabajo hemos adaptado el instrumento EMODIANA, que es también un instrumento de evaluación emocional subjetivo para niños y niñas diseñado y validado para medir emociones en videojuegos. Consta de 10 emociones principales: cariño, alegría, satisfacción, sorpresa, seriedad, aburrimiento, tristeza, vergüenza, nerviosismo y miedo. Los nombres dados a las emociones fueron resultado de una validación realizada con niños y niñas de entre 8 a 10 años.

La EMODIANA consta de una diana dividida en distintas secciones donde cada una representa una emoción situada en el marco exterior. Además de medir la emoción, la EMODIANA también mide la intensidad de la misma, pudiéndola seleccionar en la diana: cuanto más al centro, mayor es la intensidad y cuanto más alejado del centro, más suave es la misma (Fig. 1). La EMODIANA permite además registrar y categorizar las razones de las emociones declaradas en función de si son inherentes a las personas, debidas a la estructura de la actividad o son producidas por razones externas. Es posible además combinar dichas razones, siendo posible tener hasta 7 combinaciones posibles.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

# EMODIANA



**Figura 16.** Instrumento de Evaluación Emocional para niños y niñas - EMODIANA

Fuente: (González-González, Cairós-González, et al., 2013)


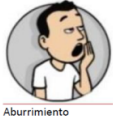








Partiendo del instrumento de evaluación emocional EMODIANA, se ha creado un instrumento observacional que introduce la variable tiempo en el registro de las emociones. Se esta forma, este instrumento permite al observador registrar las diferentes emociones por las que atraviesa el sujeto durante una sesión o clase, con sus diferentes intensidades, y las razones de dicha (persona, actividad, externo).

Este instrumento puede utilizarse para el registro emocional en clase directamente (síncrona), o para el análisis de los vídeos grabados de una clase o sesión (asíncrona).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Fecha: Hora: __h__a: __h__	Estudiante:	Institución:	Profesor: Observador:	Tango:H Aula
-------------------------------	-------------	--------------	--------------------------	-----------------

 Carriño	 Aburrimiento
 Alegria	 Tristeza
 Satisfacción	 Vergüenza
 Sorpresa	 Nerviosismo
 Seriedad	 Miedo

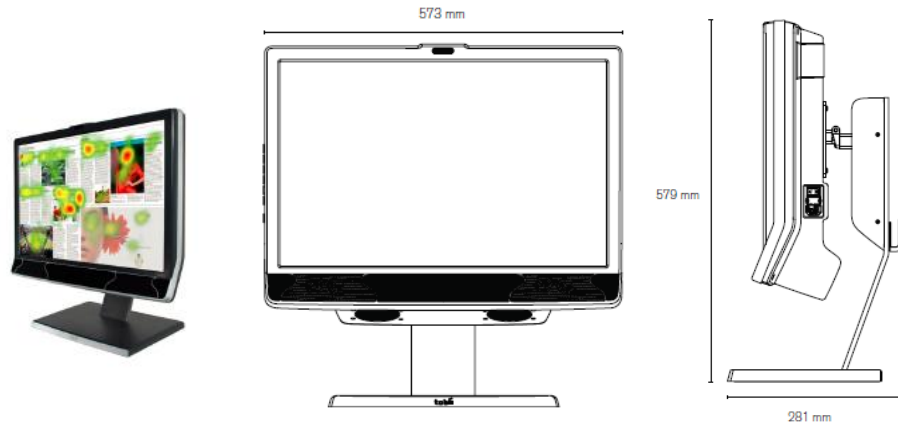
**Figura 17.** Instrumento de observación emocional continua desde EMODIANA

Fuente: (P. V. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2017) - Ver Anexo1

Este instrumento ha sido utilizado y validado con profesorado y personas con síndrome de Down de la Asociación Down Tenerife utilizando recursos didácticos digitales diseñados para interacción gestual en TANGO:H. Siguiendo una adaptación de esta metodología (González-González & Navarro-Adelantado, 2015b) se propone esta herramienta para aplicar en esta investigación en un aula de clase con interacción gestual y recursos didácticos personalizados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

4.2.1.6. Dispositivo de seguimiento ocular eye-tracker



**Figura 18.** Dispositivo Tobii T60 XL Eye Tracker

Fuente: Adaptación desde (Tobii Technology, 2009)

Como dispositivo de seguimiento ocular se selecciona *Tobii T60 XL*, considerado en la fecha de la experimentación como el único Eye Tracker de pantalla ancha para una gran pantalla de estímulo. Está integrado en un monitor panorámico de 24" TFT de alta resolución con la posibilidad de posicionar a los encuestados cerca de la pantalla, y estudiar pequeños detalles y visión periférica, con un seguimiento de alta calidad a través de ángulos de mirada de pantalla ancha. Como punto importante a recalcar es que permite rastrear la mirada del ojo de prácticamente de todos, independientemente de su origen étnico, edad, o si posee gafas o lentillas de contacto. Esto elimina los resultados decepcionantes de no ser capaz de rastrear a un individuo determinado y permite una alta eficiencia. Como características específicas cabe mencionar:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

1. El Tobii T60 XL tiene una velocidad de datos estable de 60 Hz; Que es 60 o 120 puntos de datos de mirada por segundo se recogen para cada ojo.
2. La exactitud de Tobii varía dependiendo de las condiciones externas tales como la iluminación, la calidad de las calibraciones y las características individuales del ojo.
3. Se debe establecer el la distancia (altura × ancho en cm) donde al menos uno de los ojos está dentro del campo de visión (el valor actual se midió a 70 cm de distancia del sensor).
4. Utiliza dos técnicas diferentes para determinar la posición de los ojos: 1) seguimiento visual de la pupila brillante, donde un iluminador se coloca cerca del eje óptico del dispositivo de formación de imágenes y hace que la pupila aparezca iluminada (es el mismo fenómeno que Causa ojos rojos en las fotos); y 2). ojo de la pupila oscura donde el iluminador se coloca lejos del eje óptico haciendo que la pupila aparezca negra.

#### **4.2.2. Instrumentos para procesamiento y análisis**

Similar a la sección anterior, se hace un resumen general de las herramientas e instrumentos que se utilizaron para el procesamiento y análisis de los datos.

##### **4.2.2.1. Microsoft Excel**

Como parte del paquete informático Microsoft Office, Excel es el aplicativo para el manejo de datos desde hojas electrónicas, con gran acogida a nivel mundial por la facilidad y limpieza de uso, tanto para usuarios que se están iniciando en el manejo de datos, como para expertos. Su estandarización le permite complementarse con otras herramientas, entre

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

las que se encuentran todas las que se exponen en posterior. Generalmente se trabaja en archivos comunes de hoja electrónica .xls, sin embargo permite el trabajo con macros, bases de datos y archivos en formato de valores separados por comas .csv, estandarizado a nivel abierto para compartir datos entre aplicativos. En el ámbito de la estadística Excel es una herramienta versátil que permite el análisis de datos desde la aplicación de estadística descriptiva, la validación de hipótesis desde uno o más variables, regresión lineal y múltiple, probabilidad, correlación, por mencionar las más relevantes (Schmuller, 2013).

En la presente investigación ha sido una herramienta relevante para todo el manejo de los datos en todos los estudios realizados. En el estudio de Usabilidad ha permitido la organización de todos los resultados iniciales, y en posterior el análisis estadístico básico. Para UAX se ha aplicado en todo el proceso que involucra anotadores para ir ubicando en formato de hoja electrónica los diálogos y la valoración subjetiva de las emociones observadas; con la aplicación de fórmulas para comparación de celdas ha permitido de forma rápida la designación de presencia o ausencia de una u otra emoción. Para el análisis de emociones desde texto ha permitido la combinación de campos y el filtrado inicial de los datos. Los datos desde los sensores biométricos han sido en primera instancia revisados y valorados como una hoja electrónica, y dejados a punto de análisis en los tiempos de sincronización establecidos.

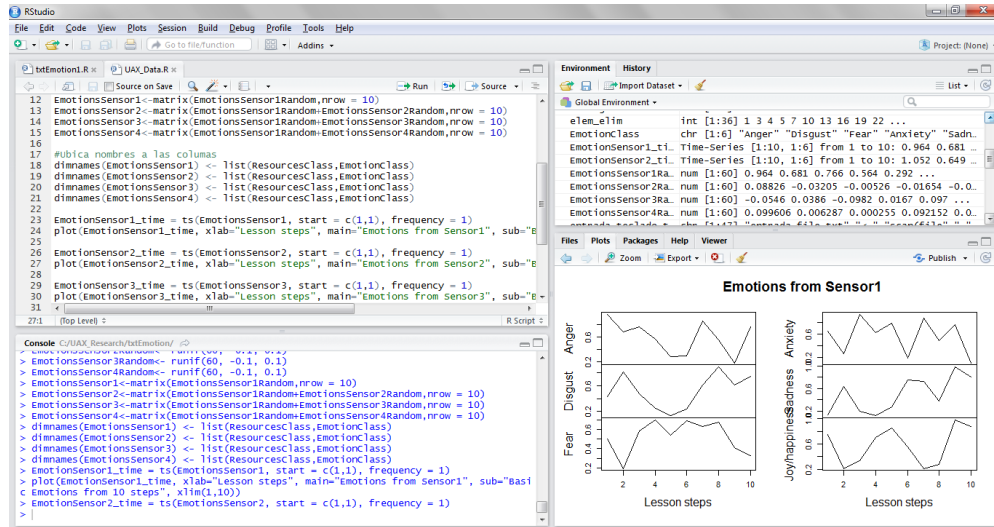
#### 4.2.2.2. RStudio

RStudio es el IDE por defecto para la programación y análisis de datos haciendo uso del lenguaje R. Se considera como un dialecto del *lenguaje S* creado por los Laboratorios AT&T Bell. Fue escrito principalmente en *lenguaje C* por Ross Ihaka y Robert Gentleman como un sistema para análisis estadísticos y gráficos, que se distribuye gratuitamente bajo los términos de la *GNU General Public Licence*. En la actualidad está disponible para plataformas Unix y Linux, o como archivos binarios pre-compilados para

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Windows, Linux (Debian, Mandrake, RedHat, SuSe), Macintosh y Alpha Unix (Wickham, 2014).

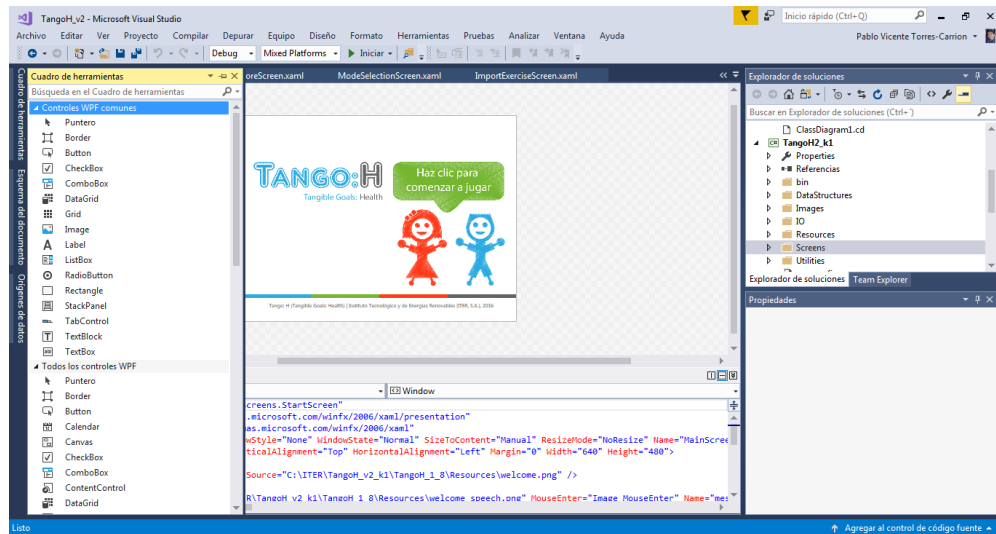


**Figura 19.** RStudio para análisis de datos en investigación

En el estudio constituye la herramienta por defecto para el trabajo de minería de datos que se realiza en el procesamiento de los datos para los estudios referentes a UAX, como se observa en la *Figura 21*. Sus paquetes para limpieza de texto y validación objetiva de emociones, administrar diversas fuentes de datos, presentación de resultados en diversidad de modos gráficos y la correlación de variables, que se verán reflejadas en los resultados compartidos en posterior.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### 4.2.2.3. Microsoft Visual Studio Profesional 2015 y 2017



**Figura 20.** Visual Studio 2017 Profesional durante programación de Tango:H v2

Visual Studio es la plataforma de desarrollo de Microsoft, y está compuesta por lenguajes como C#, C++, F#, Visual Basic, J#, entre otros; todos estos lenguajes se crean en la parte superior de *.NET Runtime* (Common Language Runtime o CLR) y producen la misma salida intermedia en *Microsoft Intermediate Language* (MSIL), lo que hace esta plataforma abierta a todo lenguaje de programación que pueda comunicarse a través de los protocolos de MSIL (Guérin, 2016). En nuestro caso ha sido la herramienta base para el desarrollo de la nueva versión de Tango:H, adaptada al SDK 1.8 de Microsoft.Kinect.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

### 4.3. PROCEDIMIENTOS GENERALES DE INVESTIGACIÓN

En esta fase se presenta de forma los procesos similares para cada uno de los aspectos del estudio, para lo cual se han separado de forma estratégica y ordenada según se presentan los resultados y análisis en los capítulos V y VI.

#### 4.3.1. Interacción en aula de clase con niños y niñas con SD

A través de esta metodología de interacción en el aula, tanto convencional como de interacción gestual, se pretende ofrecer un procedimiento adaptado a la evaluación de las características cognitivas, físicas y emocionales de las personas con DS, cuando utilizan las plataformas de estimulación motriz y cognitiva a partir de la interacción gestual. Los instrumentos que se utilizarán son los siguientes: a) Evaluación de habilidades (físicas y cognitivas) con test ITPA y evaluaciones convencionales, b) EMODIANA, c) Plataforma de rehabilitación (física y cognitiva) TangoH, d) dispositivo de seguimiento ocular Eye-tracker, e) Análisis de las emociones desde observación estructurada con valoración subjetiva y minería de texto.

En el primer año de experimentación se realiza un acercamiento y toma de datos con recursos convencionales y adaptados a Tango:H, así como el instrumento de evaluación emocional continua adaptado de EMODIANA (P. V. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2017); en el segundo año desde las experiencias obtenidas se amplían los instrumentos, agregando es test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas (ITPA) cuyos resultados se encuentran publicados en estudio complementario (Torres-Carrión, 2017), y para la valoración emocional desde observación estructurada en videos grabados de interacción y algoritmos de minería de texto para discriminación de emociones.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Phase	Instrument	Actors
<b>Pre-test</b>	- Evaluación de habilidades - Test ITPA *	- Evaluadores /Anotadores - Personas con DS
<b>Test</b>	- EMODIANA) - Plataforma TANGO:H - Videos grabados - Eye-Tracker - Heart rate sensor *	- Evaluadores /Anotadores - Profesor - Personas con DS
<b>Post-test</b>	- Evaluación de habilidades - Observación (videos) - Tobbi Pro Studio para EyeTracker - Test IPTA * - Minería de texto * ( * son aplicados en segunda etapa )	- Evaluadores /Anotadores - Personas con DS - Investigador

**Tabla 13.** Esquema de intervención

Fuente: (P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2016b; P. Torres-Carrion, Gonzalez-Gonzalez, et al., 2014)

El procedimiento de interacción en estas tres fases (Pre-test, Test y Post-test) sigue un procedimiento que ha requerido el trabajo conjunto con el personal de ATT21, de tal forma que no resulte invasivo a las actividades del estudiante; teniendo además en cuenta que los cambios de rutina de las personas con SD provocan cambios de humor que alterarían las variables a medir durante la intervención.

#### 4.3.1.1. *Pre-test*

La atención a las medidas de diversidad no son medidas de segregación o exclusión sino inclusión, y esto requiere que cada necesidad específica sea tratada con atención específica. Por lo tanto, debemos conocer la naturaleza de la necesidad específica: ¿qué sabemos hacer? ¿Dónde tiene dificultades? ¿Cómo podemos ayudar? El apoyo adecuado

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

para permitir que las personas estén más cerca de éxito, por lo que debe ocurrir de acuerdo con la necesidad para permitir el aprendizaje. Entonces debería conducir a la actividad en la denominada Zona de Desarrollo Próxima (ZPD) por Lev Vygotsky (1995). Lo que se pretende es mantener el equilibrio en el fluir expuesto por Mihály Csíkszentmihályi (Csikszentmihalyi, 2006), en donde la ayuda excesiva cancela la acción de asimilación, relación o integración de nuevos aprendizajes. No genera aprendizaje porque no es la persona aprendida en el lugar de disonancia cognitiva, conflicto o problema.

Por parte de los docentes se aplican dos tipos de test ya conocidos en el centro porque son aplicados de forma periódica a los niños y niñas.

- a) Test de conocimientos específicos
- b) Test Illinois de Aptitudes Psicolingüísticas (ITPA)

Otra de las actividades a realizar en la fase previa es la Adaptación de los recursos didácticos a la plataforma Tango:H. Este corresponde a uno de los procesos más sensibles del proceso, y se realizan en comunicación continua con el docente.

1. Seleccionar las temáticas referentes en las cuales se está trabajando para dar continuidad desde la otra herramienta de estimulación cognitiva.
2. Digitalizar los recursos convencionales previamente seleccionados.
3. Adaptar los recursos a las limitantes que tiene la plataforma de interacción Tango:H. Se tiene que tener en cuenta que para Tango:H cada objeto es una imagen (incluido el texto), por tanto, se tienen que crear tantas imágenes como recursos de interacción sean requeridos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

4. Crear los ejercicios de interacción adaptables para los usuarios. Tango:H Designer permite guardar cada archivo en un formato comprimido \*.tica, que contiene las imágenes de cada paso y un archivo en formato XML que se va llamando de forma continua durante la interacción con Tango:H Cliente.
5. Editar los perfiles de cada uno de los usuarios. Se tiene que indicar algunas variables que requieren datos de identificación y de preferencias motoras. También es posible configurar grupos de estudiantes para facilitar el proceso de despliegue de nuevos ejercicios a grupos numerosos.
6. Cargar los ejercicios en la plataforma Cliente de Tango:H y referenciar los que corresponden a cada estudiante.

#### 4.3.1.2. Test

Esta etapa corresponde a la interacción propiamente dicha, tanto de GC como GE. En general se realizaron cuatro lecciones de clase (una semanal), elaborando un horario de intervención que no interfiriera con las actividades académica y haciendo coincidir la clases de interacción gestual con los horarios de fisioterapia, espacio en el cual ellos por lo general interactúan con Tango:H como herramienta para estimular la motricidad. El tiempo que dura un período académico es de 45 minutos, sin embargo debido a que los estudiantes se movilizan entre aulas específicas, este período se reduce.

Se realiza la grabación en video de todas las sesiones en dos cámaras (cámara 1 ← frontal; cámara 2 ← posterior). Para el análisis de video se hace uso de los videos desde cámara 2 por que facilita la observación visual de la evolución de los ejercicios en la pizarra. Durante la intervención la profesora tutora además rellena el formato de la EMODIANA en una línea de tiempo como se muestra en *Anexo 6*.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### 4.3.1.3. *Post-test*

Al final del programa de intervención, se volverá a realizar la evaluación de competencias, repitiendo los instrumentos de evaluación que se han utilizado en la fase de pre-test. Además, la información cuantitativa y cualitativa del instrumento observacional para la evaluación emocional EMODIANA en las sesiones de intervención debe analizarse mediante procedimientos estadísticos para el análisis cuantitativo (promedios, varianzas, etc.) y para el análisis cualitativo (códigos y categorías, confiabilidad y consistencia). De forma detallada todos los datos recogidos en video, eye-tracker y de observación se analizarán según los objetivos ya expuestos, y siguiendo los métodos que se exponen en este capítulo.

#### 4.3.2. *Interacción con Eye-tracker*

La interacción con el dispositivo de seguimiento ocular constituye el insumo de datos, base para los estudios expuestos en el capítulo V, que tienen en común la población, recursos de interacción y datos de interacción obtenidos del seguimiento ocular. Por tanto en ambos estudios se sigue el mismo procedimiento de toma de datos.

- 1) Planificar con los docentes los horarios de la experimentación, de tal forma que sea lo menos intrusiva hacia las actividades de formación. Se considera aspectos como el tiempo previo para la calibración, y la presencia de al menos uno de los docentes con los cuales trabaja el individuo para generar un espacio de confianza y tranquilidad, teniendo en cuenta que no han interactuado antes con el dispositivo.
- 2) Preparación de recursos de interacción. Digitalizar las láminas de interacción. Se selecciona *n* recursos de los trabajados en clase, tanto en libro de trabajo convencional como de Tango:H. Estos recursos han sido seleccionados por los docentes.

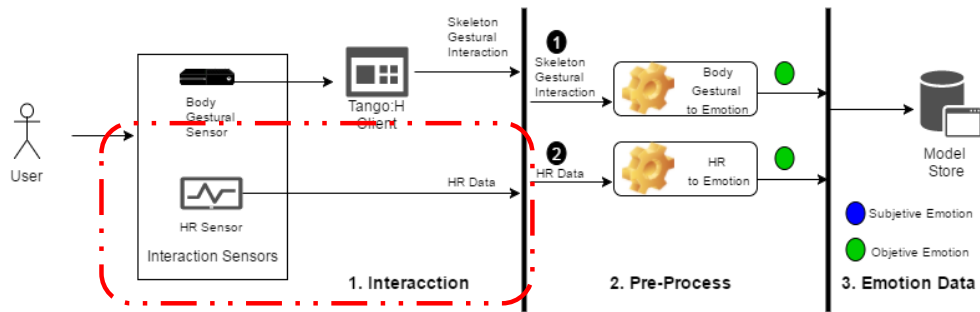
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- 3) Determinar las áreas de interés de cada una de las láminas.
  - a) Instrucción para la interacción
  - b) Objeto referente (sentencia con información base para responder)
  - c) Objetos respuesta
- 4) Agregar los recursos de interacción en plataforma y personalizar para cada uno de los individuos que interactúan.
- 5) Calibrar dispositivo eye-tracker para cada individuo, desde la configuración de Tobii Studio. Este procedimiento se detalla en el Anexo 5 al final del documento.
- 6) Realizar una breve interacción de prueba de interacción. Esta interacción ayuda a tener una familiaridad inicial, y es de gran importancia para estimar algún problema específico que se pueda presentar por particularidades físicas del individuo.
- 7) Aplicar a cada individuo los recursos personalizados preparados previamente. En este proceso se cuenta con el apoyo de los profesores para la motivación y orientación durante el proceso de interacción.
- 8) Observación sistemática por parte del profesor durante la interacción (think aloud).
- 9) Organización y validación de los resultados con la ayuda de Tobii Studio, y los métodos establecidos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



### 4.3.3. Interacción con sensores biométricos de frecuencia cardiaca



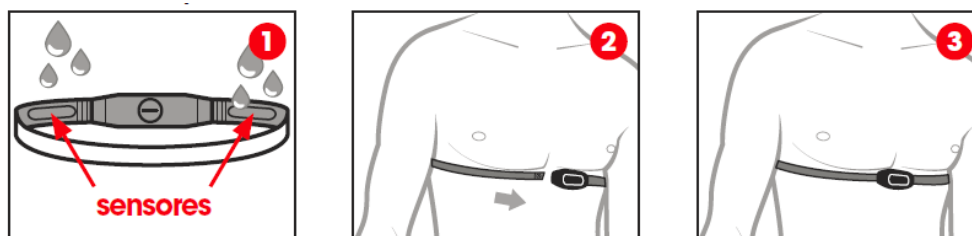
**Figura 21.** Esquema general de Interacción con sensores de frecuencia cardiaca

Este proceso inicial requiere actividades de configuración de los sensores, personalización previa y monitoreo permanente de los datos almacenados en el reloj, para su posterior paso al PC mediante conexión USB con el dispositivo de transferencia que se comunica de forma inalámbrica al reloj. Un resumen de los pasos a seguir se detalla a continuación

1. Configurar el reloj para cada usuario. El reloj además del monitoreo continuo del sensor vinculado, permite hacer una revisión continua de los datos que se van almacenando por cada sesión. En el modo de navegación de *datos* se ajusta las variables de idioma, las unidades de medida, sexo, edad, peso, altura, hora y fecha. Para la experimentación se ubica el reloj en modo *libre* que permite administrar valores como: frecuencia cardíaca, velocidad en km/h., ritmo en min/km. y calorías por hora. En nuestro caso no se ha hecho uso del acelerómetro, ya que las actividades no se relacionan a esta variable.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

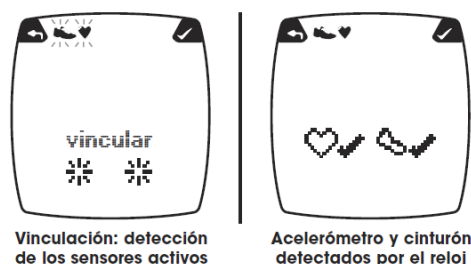
- Antes de iniciar cada sesión se coloca a los individuos el cinturón cardifrecuenciómetro; este se estimula a partir del momento en que éste se humedece y se instala sobre el pecho.



**Figura 22.** Pasos para colocar cinturón cardifrecuenciómetro

Fuente: (Kalenji, 2012, p. 4)

- Con el cinturón y reloj ubicados, lo siguiente es vincular los sensores. En este caso solo se mostrará el correspondiente al cinturón, ya que el acelerómetro no se está utilizando. Con este paso se procede a realizar la estimulación con los recursos didácticos previamente preparados.

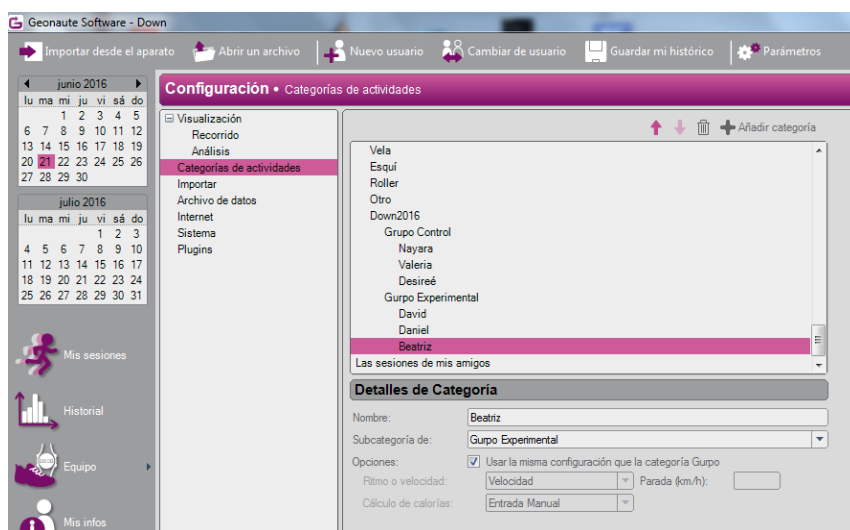


**Figura 23.** Vinculación de cinturón cardifrecuenciómetro al reloj

Fuente: (Kalenji, 2012, p. 4)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

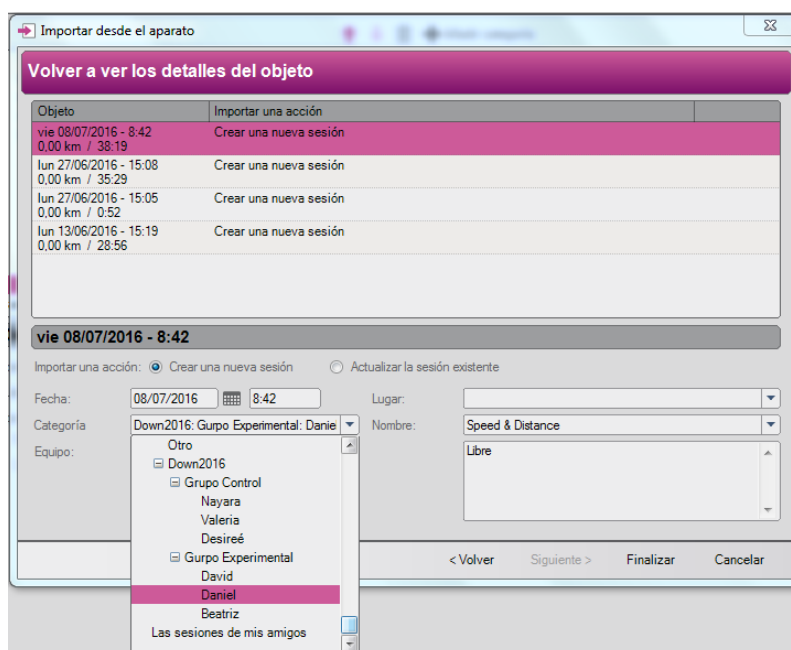
4. Luego de todo el proceso de experimentación, es necesario copiar todos los datos de la interacción desde el reloj al PC, para lo cual se tiene que instalar en el PC el *Geonaute Software Setup 2.0* disponible en [www.kalenji.com](http://www.kalenji.com).
5. Configurar la aplicación con los datos de los usuarios. Debido a que este programa no ha sido diseñado para varios usuarios, se configura cada usuario como una *Categoría de actividad* con sus respectivas sub-categorías (ver Figura).



**Figura 24.** Configuración de usuarios en Geonaute Software

6. Importar datos desde los relojes, a través del dispositivo SD. Cada dato se va agregando en la categoría correspondiente para que corresponda al individuo de la experimentación. Este proceso se repite por cada individuo hasta disponer de toda la información en el PC. Esta información puede ser analizada y realizar la limpieza que se considere necesario, en particular para sincronizar con los demás sensores sobre el momento de inicio de la interacción con los recursos didácticos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**Figura 25.** Importar datos desde reloj a Geonaute Software

7. Exportar los datos a un formato de manipulación desde otras plataformas, en este caso se han exportado a un formato .csv, con los pares de datos de tiempo (en segundos con variación de 5 seg.) y frecuencia cardiaca.

Nombre	Seconds; Value
formacionPrevia1_Bea	0; 72
formacionPrevia1_Bea.fitlog	5; 0
formacionPrevia1b_Bea	10; 0
formacionPrevia1b_Bea.fitlog	15; 72
formacionPrevia2_Bea	20; 72
formacionPrevia2_Bea.fitlog	25; 72
formacionPrevia3_Bea	30; 72
formacionPrevia3_Bea.fitlog	35; 0
Leccion1_Bea	40; 0
Leccion1_Bea.fitlog	45; 72
Leccion2_Bea	50; 72
Leccion2_Bea.fitlog	55; 72
Leccion3_Bea	60; 72
Leccion3_Bea.fitlog	65; 72
Leccion3_Bea	70; 72

**Figura 26.** Formato de exportación de archivos desde Geonaute Software

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### 4.3.4. Observación de emociones en videos

Todas las lecciones han sido grabadas en video para un posterior análisis asíncrono. En total han sido en la segunda intervención (a la cual corresponde este corpus de video) con GE catorce sesiones, de las cuales algunas se han dividido de forma automática en dos, por lo cual se dispone de un total de veinte videos. Para el proceso de observación se ha seleccionado dos anotadores que cumplirán básicamente con dos actividades: 1) realizar la transcripción completa del diálogo que mantienen los actores en el aula de clase con las marcas de tiempo correspondientes; 2) señalar la existencia o no de una emoción, la cual en caso de existir debe ser valorado en una escala de Likert (1: Nada – 5: Mucho), y acompañado del tipo de movimiento gestual que percibe en ese momento, tal cual se muestra en la Figura siguiente:

Time	Autor	Texto	M	B	C	P	R	T	S	O	N	S	M	A	S	T	1	2	3	4	5
0:00:03	Estudiante	que, donde una amiga	3	3	2																
0:00:06	Pablo	y fuste a la playa este finde	3	3	2	2															
0:00:07	Estudiante	no no puedo	2	2	3																
0:00:08	Pablo	no fuste																			
0:00:10	Profesora	no porque estas malta	2	2																	
0:00:11	Estudiante	me alivie un poquito ya	3	2	3																
0:00:12	Pablo	estas malta																			
0:00:13	Estudiante	no	3	3	3	2															
0:00:14	Pablo	y que te paso																			
0:00:15	Estudiante	un poquito	2	2	2	2															
0:00:17	Pablo	un poquito malta																			
0:00:18	Estudiante	nada	2	2	3	3															
0:00:19	Pablo	a a ya ya																			
0:00:20	Estudiante	sola	3	3	3	2	3														
0:00:20	Pablo	si sola																			
0:00:29	Estudiante	yo si	3	3	2	2	2														
0:00:31	Profesora	te ayudeo Bea																			
0:00:32	Estudiante	no no hace falta																			
0:00:34	Profesora	no por desajuste	3	3	3	3															
0:00:42	Pablo	mejor en la parte de aca	2	2	3	2															
0:00:45	Estudiante	lo ago yo sola	2	2																	
0:00:46	Profesora	voy hacer el de Bea me equivoque																			
0:00:50	Pablo	no tranquila no te preocupes en hora buena	2	2	3	2	3														
0:01:11	Profesora	como vas Bea te ayudo																			
0:01:12	Estudiante	no no tranquila																			
0:01:14	Profesora	vale con Bea tambien fue como el otro dia	2	2	3																
0:01:22	Pablo	el mismo dia fue	2	2	3	2	3														
0:01:23	Profesora	si pero fue 15 minutos como mucho no	3	3	2	3															

Figura 27. Ejemplo de archivo llenado por anotador

Estos datos luego son procesados para obtener una valoración específica de existencia o ausencia de una emoción, e incluso si la emoción en general es positiva o

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

negativa. Los resultados se van organizando para un posterior análisis en archivos identificados conforme se muestra en la tabla siguiente.

Ord.	Nombre de archivo Video	Anotador 1	Anotador 2	Tiempo mm:ss
1	2016 Bea L0 C2	V1_GE1_A1	V1_GE1_A2	00:07:31
2	2016 Bea L1 C2a	V2_GE1_A1	V2_GE1_A2	00:23:09
3	2016 Bea L1 C2b	V3_GE1_A1	V3_GE1_A2	00:10:09
4	2016 Bea L2 C2a	V4_GE1_A1	V4_GE1_A2	00:03:56
5	2016 Bea L2 C2b	V5_GE1_A1	V5_GE1_A2	00:17:16
6	2016 Bea L3 C2	V6_GE1_A1	V6_GE1_A2	00:18:46
7	2016 Bea L4 C2	V7_GE1_A1	V7_GE1_A2	00:16:20
8	2016 Dani L1 C2	V8_GE2_A1	V8_GE2_A2	00:23:09
9	2016 Dani L2 C2	V9_GE2_A1	V9_GE2_A2	00:21:59
10	2016 Dani L3 C2a	V10_GE2_A1	V10_GE2_A2	00:23:09
11	2016 Dani L3 C2b	V11_GE2_A1	V11_GE2_A2	00:15:51
12	2016 Dani L4 C2	V12_GE2_A1	V12_GE2_A2	00:19:22
13	2016 Dave LP C2a	V13_GE3_A1	V13_GE3_A2	00:23:08
14	2016 Dave LP C2b	V14_GE3_A1	V14_GE3_A2	00:08:03
15	2016 David L1 C2a	V15_GE3_A1	V15_GE3_A2	00:23:09
16	2016 David L1 C2b	V16_GE3_A1	V16_GE3_A2	00:22:22
17	2016 David L2 C2a	V17_GE3_A1	V17_GE3_A2	00:23:09
18	2016 David L2 C2b	V18_GE3_A1	V18_GE3_A2	00:17:46
19	2016 David L3 C2	V19_GE3_A1	V19_GE3_A2	00:22:15
20	2016 David L4 C2b	V20_GE3_A1	V20_GE3_A2	00:03:47

**Tabla 14.** Resumen de la nomenclatura de archivos generados por anotadores

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO V

### 5. VALORACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS DIGITALES EN ENTORNO DE INTERACCIÓN GESTUAL TANGO:H

En este capítulo se cumple con los planteamientos del objetivo cuatro del estudio, con sus dos sub-objetivos, que permiten en conjunto evaluar y conocer desde criterios técnicos y métricas estandarizadas aspectos a mejorar y potenciar sobre los recursos didácticos utilizados para la educación de los niños y niñas en el salón de clase, desde la interacción con la plataforma gestual Tango:H y estrategias gamificadas de interacción.

*Conocer la Usabilidad de los recursos didácticos personalizados para aulas convencionales y de interacción gestual.*

- a) *Realizar estudio de Usabilidad de los recursos didácticos aplicados a individuos con Síndrome de Down considerando métricas de eficiencia, eficacia, facilidad de aprendizaje y satisfacción de usuario.*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 5.1. ESTUDIO DE USABILIDAD DE RECURSOS DIDÁCTICOS PARA PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN

Las técnicas para conocer la atención visual en pantallas por el usuario son usadas con gran eficiencia en el ámbito del diseño para hacer más eficiente su objetivo. En el campo educativo son pocos los esfuerzos realizados, siendo uno de los retos de la ingeniería y ciencias de la educación para mejorar los resultados de aprendizaje. Este estudio tiene como objetivo conocer la usabilidad de los recursos didácticos personalizados, convencionales y de interacción gestual, a partir de la atención visual validada con eye-tracker en un ambiente de aula de clase con personas con Síndrome de Down. Se selecciona 6 estudiantes de la Asociación Down Tenerife (CG=3, GE=3), de los cuales GE previamente ha interactuado con la plataforma IPO Tango:H con recursos adaptados a sus requerimientos cognitivos y aplicados en un ambiente lúdico de enseñanza-aprendizaje, y los restantes con recursos convencionales del aula de clase, diseñados por los docentes de la institución. Los objetos de aprendizaje fueron presentados a los estudiantes a modo de láminas en una pantalla, haciendo un seguimiento de su atención visual con la ayuda de un eye-tracker y siguiendo el protocolo *pensar en voz alta (think-aloud)*, enfocados en los atributos de usabilidad ISO 9241-11 para *Reconocimiento de Gestos Basados en la Visión: eficacia, efectividad, capacidad de aprendizaje y satisfacción*. Los resultados se evaluaron en la plataforma Tobbi Studio y de forma subjetiva mediante observación sistemática, siendo los recursos diseñados para la plataforma Tango:H mejor valorados que los de uso cotidiano en el aula de clase convencional.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



### 5.1.1. Introducción al estudio

Las propuestas generales para conocer y evaluar las características de la interfaz de usuario y su rendimiento fueron estudiadas a partir la *Usabilidad* desde finales de los 80's. El estudio de la *Usabilidad* depende no solo del sistema de interacción, sino de cómo ha sido validado y cuáles fueron los objetivos; en el campo educativo tiene además como premisa que los atributos de aprendizaje varían entre personas, y esta variable amplía su valor si además consideramos el contexto desde el cual se evalúa (Rogers et al., 1994). Los principales métodos para la evaluación de usabilidad derivan de *User Testing* (J. Dumas & Fox, 2007; J. S. Dumas & Redish, 1999), *Heuristic Evaluation* (Nielsen, 1994) y *model-based methods* (John & Kieras, 1996); refiriendo el primero a ambientes de evaluación empírica con la evaluación de variables dependientes, que por la naturaleza del estudio es el que se adaptaría para nuestro caso.

Desde este contexto, valorando la retroalimentación de los resultados previos y nuevas necesidades de validación, el problema principal que pretendemos atender en este momento inicial de la investigación es conocer si los recursos didácticos son los adecuados para estudiantes, teniendo como premisa el limitado tiempo de atención del estudiante con DS durante las sesiones de clase. Este complejo problema es muy amplio para su consideración en una única investigación, por lo cual específicamente nos enfocamos en conocer la usabilidad de los recursos didácticos personalizados para aulas convencionales y de interacción gestual, que previamente ya han sido aplicados en cada estudiante durante su proceso de formación continua. Dentro del ámbito científico, este problema es estudiado en las ciencias de la educación inclusiva, para nuestro caso con particularidad para personas con SD.

Para el estudio de la Usabilidad se han diseñado varias metodologías, que han adaptado atributos establecidos en estándares, principalmente el ISO 9241-11: *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminal, Part 11: Guidance on usability*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

e ISO: *efficiency, effectiveness, satisfaction, context of use, scope of usability (learnability, regular use, error protection, accessibility, maintainability)* y medidas de usabilidad (ISO, 1998; Ponsa, Urbina, Manresa-Yee, & Vilanova, 2014); este estándar ha sido actualizado al ISO 9241-11.2 *Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts*. Otros estándares acerca de la *Calidad de Uso* son ISO 14598-1: *Software Product Quality Model*, ISO/IEC 9126-1: *Definition of Usability and Quality Model*, e ISO/IEC 9126-4:

- *Métricas de efectividad* (efectividad de tareas, finalización de tareas, frecuencia de errores);
- *Métricas de productividad* (tiempo de trabajo, tiempo de espera, eficiencia de tareas, productividad económica, proporción productiva, productividad relativa del usuario y frecuencia de ayuda);
- *Métricas de seguridad y satisfacción* (escala de satisfacción, cuestionario de satisfacción, uso discrecional).

Ponsa et al.(2014) presenta un caso de estudio de usabilidad de una interfaz gestual basado en la visión, donde en su metodología aplica como parámetros de medición *Eficacia, Eficiencia y Satisfacción* desde ISO 9241-11:1998; Para la *eficacia* miden "exactitud y tasa de error" aplicando una métrica relacionada con el punto de vista del facilitador cuando está viendo al usuario hacer una acción; la *eficiencia* se mide a partir de la fatiga física, donde se toma en cuenta el tiempo de duración de la tarea y el esfuerzo mental requerido para desarrollar la tarea experimental; El atributo de *satisfacción* se evalúa utilizando cuestionarios de usuario. Esta metodología ha sido seleccionada como base desde la cual es propuesta la investigación, adaptando cada parámetro a nuestra muestra poblacional y datos obtenidos.

Desde los resultados de las investigaciones previas, el dispositivo seleccionado para la evaluación objetiva de la interacción es un *eye tracker* -nombre que se ha dado al dispositivo usado para medir el movimiento de los ojos(Shic, 2013) y saber exactamente

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

en donde el usuario centra la mirada (Tobii Technology, 2014)- ya que cumple con las características técnicas para obtener los datos y aportar a la solución al problema de investigación planteado. Se conoce como *Eye-tracking* al proceso de medición del foco de atención de la mirada, que permite inferir aquello que el usuario está prestando mayor atención o ignorando (Navalpakkam & Churchill, 2014); Para Shic(2013) *Eye-tracking* es una técnica en la cual uno o más de los ojos de un sujeto son rastreados con la intención de inferir, en un momento a momento, lo que el individuo está atendiendo en su mundo visual.

Esta investigación tiene transversalidad educativa, y como recurso metodológico hace una valoración del comportamiento del estudiante a través de su mirada ante un recurso educativo con el cual ya previamente ha tenido contacto. Donovan & Mitchell(1978) plantean la propuesta de identificar problemas de aprendizaje en los niños y niñas aplicando el *Development Test of Visual Perception*. Estos estudios han ido evolucionando con las técnicas de eye-tracking, demostrando su aplicabilidad como estímulo para las funciones cognitivas de orden superior(Hyönä, Radach, & Deubel, 2003). Lee & Kwon (2013) utilizan el método de eye-tracking para investigar los mecanismos de procesamiento en línea en oraciones complejas con inferencia transitiva, midiendo los tiempos de lectura de sentencias en general, las tasas de exactitud de comprensión de las preguntas (a partir de medir el movimiento de los ojos y la duración de la mirada), y los tiempos de relectura; como resultado general, la dificultad del procesamiento de la inferencia no fue afectada por la forma superficial de una oración. Para mejorar los procesos de aprendizaje, los investigadores Laeng, Bloem, D’Ascenzo, & Tommasi(2014) exponen que las interferencias en la mirada durante las actividades de recuerdo disminuye la calidad de la memoria; lo cual ha sido complementado con los resultados obtenidos por Bochynska & Laeng(2015), que demuestran como la secuencia temporal de las fijaciones oculares son funcionales a la memoria visual, y no solamente la ubicación específica de los objetos. Nuestro aporte se enmarca en la educación inclusiva, validando la usabilidad de los recursos didácticos desde el comportamiento visual y grado de atención de los estudiantes con SD en recursos didácticos estudiados previamente en clase.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 5.1.2. Metodología

Las investigación presentada es parte de un proyecto macro de evaluación de recursos digitales para interacción gestual Persona-Ordenador en el aula, con aplicación a niños y niñas con Síndrome de Down; por tanto la metodología se sostiene en la propuesta por Torres-Carrion et al.(2014) con dos grupos de trabajo: Control (GC) y Experimental (GE); el primero ha trabajado previamente con recursos didácticos en aula convencional, y para GE se adaptaron sus recursos didácticos convencionales, tal como se detalla en el capítulo IV de la metodología general. Como aspecto específico de este estudio, se aplica una metodología quasi-experimental, tomando como base la metodología de Ponsa et al. (2014) y (Hassan Montero, 2015; Jeng, 2005; Pernice & Nielsen, 2009; Ponsa et al., 2014) considerando las métricas expuestas en el estándar ISO 9241-11:1998, adaptadas con instrumentos de investigación cuantitativos y cualitativos.

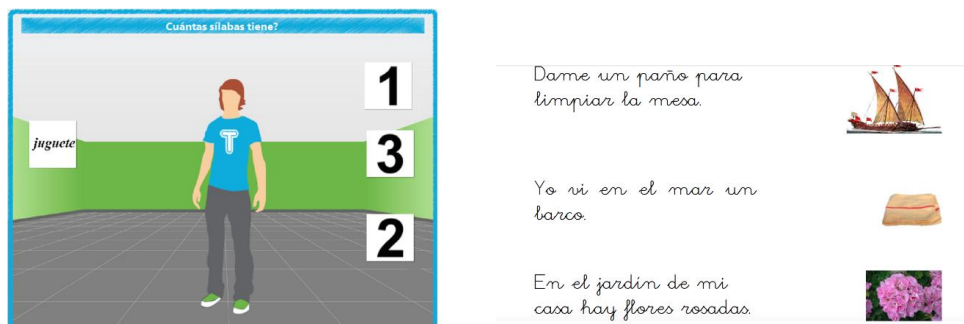
La muestra poblacional ha sido seleccionada de forma directa en reunión de trabajo con profesores y directivos, previo consentimiento de representantes legales de cada uno de los individuos. Todos forman parte de la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife, con sede en Santa Cruz de Tenerife-España. En cada grupo (GE y GC) has tres individuos, con una edad mental promedio de GE=7 años (SD=.81) y GC=6.67 años (SD=.94), detallados en la sección de metodología general.

#### 5.1.2.1. Recursos de Interacción

El recurso de interacción base son las láminas obtenidas de los recursos convencionales y digitales de cada estudiante, recordando que en ambos casos fueron personalizadas a las necesidades cognitivas y psicomotoras de cada individuo. GC dispone de recursos obtenidos de su cuaderno de trabajo diario de la asignatura de lenguaje; para el caso de GE adicionalmente al recurso de clase se ha preparado láminas con los recursos de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

interacción gestual trabajados previamente en la plataforma Tango:H. Los recursos se presentan ordenados por grado de dificultad, similar al trabajo en clase.



a. Recurso replica de Interacción gestual con Tango:H

b. Recurso replica de clase convencional

**Figura 28.** Hojas con recursos de interacción para seguimiento ocular.

5.1.2.2. Instrumentos de interacción, toma de datos y análisis de resultados

**Eye-tracker**

El dispositivo utilizado para la experimentación es Tobii T60 XL Eye-Tracker (Tobii Technology, 2009), que cumple con las directivas EMC 2004/108/EEC y RoHS 2002/95/EC referentes a un adecuado nivel de electromagnetismo para su uso en un ambiente de oficina o doméstico. El aparato dispone de un monitor para la estimulación, una conexión LAN para su administración remota y de interfaces para la conexión a un PC en modo local.

Ha sido necesaria la configuración para cada uno de los individuos antes de realizar la interacción; para esto se ha procedido previa a la sesión de toma de datos a citar al individuo para con recursos de prueba y con la ayuda de los docentes ubicar al estudiante

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

en un espacio desde el cual se sienta cómodo, y se adapte a sus condiciones físicas (ver Anexo 5). Como se había mencionado en el apartado teórico, las personas con SD tienen características físicas en sus manos, cuello, limitada visión, por mencionar los más relacionados con el funcionamiento del eye-tracker. Características referentes a la distancia con la pantalla (65cm.), ángulo de inclinación del dispositivo, ángulo de pantalla, entre otros, se detallan en la sección 5.2.3, correspondiente a la metodología para los patrones de atención visual.

### **Tobii Studio**

Para facilitar la lectura y análisis de los datos han desarrollado Tobii Studio Pro 3.0.2 (Tobii Technology, 2004), con funciones para calibración del dispositivo, personalización para cada usuario, niveles de calidad de imagen, y administración de los datos obtenidos. Esta aplicación además permitió guardar en modo video toda la interacción que son los datos base para el posterior análisis efectuado mediante observación sistémica, siguiendo la metodología expuesta.

### **Microsoft Excel**

En esta herramienta se organizó todos los datos observados, y generada en algunos casos por eye-tracker a través del Tobii Studio. Se organizó toda la información (como se observa en Figura), y se programaron las fórmulas correspondientes para obtener los resultados de las métricas de eficacia, eficiencia, facilidad de aprendizaje y Satisfacción.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

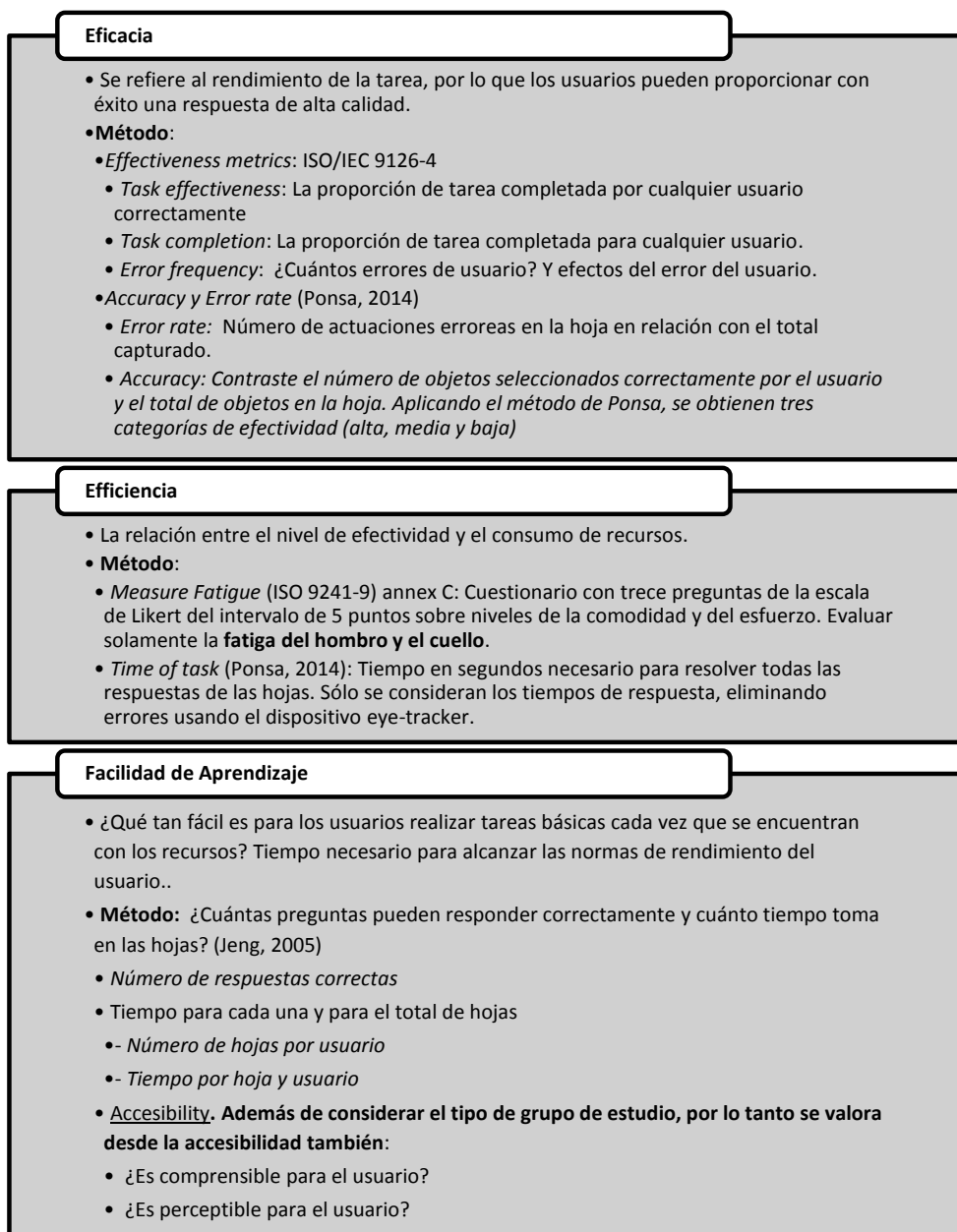
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	tipo	time sheet	time inicio	S1_error cognitiv	S1_error_eye	x_resp	distraccion	ayuda profesor	respuesta profesor	nro_ref	nro_resp	resp correctas		
36	s9	Tangoh	0:09:30	0:00:00	0	0	8	1	1	0	3	1	1	
37		indicaciones	0:09:33	0:00:00	0			1	1			1	1	1. Lo hace solamente el profesor
38	s10	convencional	0:12:21	0:00:58	5	13	213	4	0	3	3	3	3	0. Siente mucha confusión por la cantidad de texto
39	S11	convencional	0:13:07	0:00:46	4	6	132	3	0	3	3	3	3	0. Se cancela el ejercicio; este tipo de ejercicios no son
40		indicaciones	0:00:05	0:00:01	0			1	0			1	1	1. A nivel general la orientación del eye-tracker es mej
41	s1	convencional	0:02:31	0:00:01	9	12	211	9	2	4	4	4	2	2. Profesor hace repetir el ejercicio 3 veces
42	s2	convencional	0:02:56	0:00:01	2	2	30	1	2	4	4	4	2	
43	s3	convencional	0:03:19	0:00:01	0	3	16	1	1	1	4	4	4	
44	C1	indicaciones	0:03:23	0:00:01	0			1	0			1	1	
45	s4	convencional	0:03:43	0:00:01	0	2	22	1	0	4	4	4	4	
46	s5	convencional	0:04:39	0:00:01	8	5	84	3	1	4	4	4	4	2. Profesor hace repetir el ejercicio 2 veces
47		indicaciones	0:04:44	0:00:01	0			0	0			1	1	
48	s6	convencional	0:05:28	0:00:01	4	1	60	2	0	4	4	4	0	
49		indicaciones	0:00:06	0:00:01	0			1	0			1	1	
50	s1	convencional	0:01:13	0:00:07	3	7	74	3	2	4	4	4	4	
51	s2	convencional	0:02:12	0:00:04	4	5	78	2	1	4	4	4	1	
52		indicaciones	0:02:18	0:00:01	1			1	1			1	1	
53	s3	convencional	0:02:50	0:00:02	1	4	46	1	1	4	4	4	4	
54	s4	convencional	0:03:17	0:00:01	0	1	15	0	0	4	4	4	4	
55		indicaciones	0:03:23	0:00:01	0			0	0			1	1	
56	s5	convencional	0:03:53	0:00:01	0	1	6	1	0	4	4	4	4	4. diseño require escribir (alumno pronuncia)
57	s6	convencional	0:04:12	0:00:01	0	0	6	1	0	4	4	4	4	
58	s7	convencional	0:04:12	0:00:01	1	1	18	0	0	4	4	4	3	
59		indicaciones	0:00:17	0:00:17	0			1	0			1	1	1. Indicaciones las hace técnico; usuario se ve nervioso
60	s1	convencional	0:05:21	0:00:12	15	7	173	8	1	3	3	3	3	3. Profesora pide que se lea dos veces las frases simila
61	s7	convencional	0:07:36	0:00:04	8	5	48	8	1	4	4	4	4	4. Profesora simula conocimiento en clase

Figura 29. Captura de pantalla de parte de los datos organizados en MS Excel

### 5.1.2.3. Método

Se sigue el método aplicado por Ponsa et. al.(2014) para evaluar la usabilidad of a Vision-Based Gesture Interface, en donde aplica los factores de usabilidad calificados en atributos de ISO 9241-11:1998 *efficiency*, *effectiveness* and *satisfaction*, agregando además *Learnability*, en la dimensión objetiva del estudio(Hassan Montero, 2015). Para cada uno de estos atributos se sigue un procedimiento y método particular, que en la toma de datos es hermético al usuario. Durante la interacción se aplica el protocolo *think-aloud*, en el cual el usuario expresa de forma verbal lo que va pasando durante la interacción, en un diálogo continuo en el cual interviene también el evaluador(Pernice & Nielsen, 2009).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

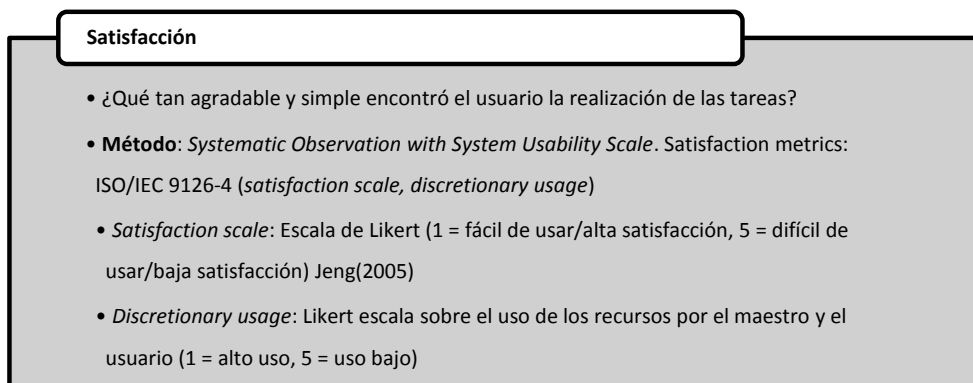


**Figura 30.** Dimensión objetiva de las métricas de Usabilidad

**Fuente:** (Hassan Montero, 2015; Jeng, 2005; Pernice & Nielsen, 2009; Ponsa et al., 2014)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31





**Figura 31. Dimensión Subjetiva de las métricas de Usabilidad**

**Fuente:** (Hassan Montero, 2015; Jeng, 2005; Pernice & Nielsen, 2009; Ponsa et al., 2014)

#### 5.1.2.4. Procedimiento

El procedimiento a seguir para la toma de datos con el *eye tracker* se expone en la el capítulo IV de Metodología, en la sección 4.3.2 Interacción con Eye-tracker, y es similar a la que se aplica además en el estudio siguiente, expuesto en la sección 5.2.

#### 5.1.3. **Resultados**

##### 5.1.3.1. Eficacia

Como se explica en la metodología, para el atributo Eficacia se aplica ISO/IEC 9226-4 y el trabajo realizado por Ponsa (2014), con resultados visibles en la Tabla3. La evaluación de la eficacia se utiliza métricas cuantitativas, que detallan la exactitud de la interacción del usuario con el recurso didáctico en nuestro caso.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Usuario	# Hojas (S)	ISO/IEC 9126-4					Ponsa (2014)		
		Promedio de Respuestas	Dev. Std.	Eficacia en tareas	Tareas completadas	Frecuencia de error cognitivo   mirada	Tasa de error ( a )	Ayuda	Eficacia
GE1	5	1,00	0,0000	100%	100%	0,80   2,00	1,00	Yes	Alto
GE2	8	0,63	0,4841	63%	88%	1,00   3,00	0,77	Yes	Medio
GE3	9	0,86	0,2664	78%	89%	1,00   3,22	0,81	Yes	Medio
GC1	6	0,58	0,3436	33%	83%	3,83   4,17	0,58	Yes	Bajo
GC2	7	0,86	0,2624	71%	100%	1,29   2,71	0,86	Yes	Medio
GC3	9	0,92	0,1667	78%	100%	4,56   3,33	0,92	Yes	Medio

**Tabla 15.** Resultado de Eficacia desde métricas ISO/IEC 9126-4 y Ponsa (2014)

#### 5.1.3.1.1. Métricas de eficacia ISO/IEC 9126-4:2004

Estas métricas han sido actualizadas a ISO/IEC 25022:2016, en un conjunto de mediciones para características de calidad de uso, con explicaciones (Anexo C) para medir la usabilidad en ISO 9241-11, y aplicable en IPO. Las métricas seleccionadas son: *Task Effectiveness*, *Task Completion* y *Frequency of Error*.

$$TE = \frac{\# \text{ tareas completadas correctamente} * 100}{\# \text{ hojas}}$$

#### Ecuación 1. Eficacia en tareas

Para la primera, se considera todas las actividades cumplidas correctamente, que en este caso corresponde a la respuesta correcta de todas las opciones en cada hoja. El resultado se contrasta con la cantidad de hojas trabajados por el usuario durante la sesión de evaluación; así por ejemplo en el caso de E2, ha completado de forma correcta las 5

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

hojas de los 8 trabajados, por tanto obtiene en esta métrica 63% ( $[5*100]/8$ ) acorde a *Ecuación 1*.

$$TC = \frac{\# \text{ tareas completadas} * 100}{\# \text{ hojas}}$$

**Ecuación 2.** Tareas Completadas

Para la segunda, los resultados son más cercanos al 100% debido a que solamente se discrimina las actividades que fueron abandonadas por el usuario, ya sea por pedido propio o decisión del profesor. Su forma de cálculo se muestra en Eq.2 y por ejemplo en el caso de E2 se obtiene  $TC=88\%$  ( $[7*100]/8$ ).

$$FE = \frac{\# \text{ Errores totales de usuario}}{\# \text{ hojas}}$$

**Ecuación 3.** Frecuencia de Error

Para *Frecuencia de Error (FE)*, se ha registrado todos los errores de tipo cognitivo que ha cometido el usuario, así como los que se han registrado mediante el eye-tracker en cuanto a dispersión de la mirada en búsqueda de una respuesta correcta. La *Ecuación 3* se aplica para los dos resultados obtenidos por cada usuario. Así en el caso E2, para los errores de tipo cognitivo,  $FE = 1,00$  (8 errores totales de usuario/8 hojas), es decir un error por cada hoja; en el caso de la evaluación desde la mirada, se cuenta los enfoques de la mirada en búsqueda de la respuesta, siendo para E2  $FE=3,00$  (24 enfoques de la mirada/8 hojas); en el segundo caso esta variable puede además relacionarse con el grado de incertidumbre general del usuario en la búsqueda de una posible respuesta entre las opciones expuestas. El enfoque de mirada no mide la cantidad específica de puntos de la mirada dados directamente por el software Tobbi Studio, sino las resultantes de la observación de los gráficos de foco de mirada cuantificados por el observador.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

De forma general, *TE* es mejor en usuarios del grupo experimental que trabajaron con recursos diseñados para Tango:H; *TC* es por su parte ligeramente mayor en el CG que trabajó con recursos convencionales. La métrica de *FE* tiene mejores resultados para GE, tanto en los errores cognitivos mencionados de forma verbal por el usuario, como los que se obtiene con eye-tracker y la discriminación visual del foco de la mirada en objetos que no son respuesta.

#### 5.1.3.1.2. Método de Ponsa (2014)

Ponsa et al.(2014) hace sus investigación para un estudio de Usabilidad de una interfaz Gestual basada en Visión, desde metodología propuesta en el estándar ISO 9241-9. Para la efectividad proponer una métrica para evaluar la precisión mediante el control del número de gestos reconocidos como correctos utilizando Kinect como ratón. Para nuestro caso se reemplaza la ecuación por número de objetos que son respuesta correcta y han sido seleccionados por el usuario  $n_{obj\_seleccionados}$  en relación con el número de objetos en las hojas que son respuesta  $n_{obj\_respondidos}$ .

$$a = \frac{n_{obj\_seleccionados}}{n_{obj\_respondidos}}$$

**Ecuación 4.** Efectividad según Ponsa

Debido a que cada usuario tiene una cantidad considerable de tareas (entre 5 y 9 acorde al nivel del estudiante), la valoración de los parámetros de Ponsa (2 tareas) se relaciona con  $a$  y la condición de haber recibido ayuda por parte del tutor. Así, High ( $a=1$  independiente del valor de *Ayuda*; o  $0,9 \leq a < 1$  y *Ayuda*=No), Medium ( $0,9 \leq a < 1$  y *Ayuda*=Yes; or  $0,6 \leq a < 0,9$  independiente del valor de *Ayuda*; o  $0,5 \leq a < 0,6$  y *Ayuda*=No), y Bajo ( $0,5 \leq a < 0,6$  y *Ayuda*=Yes; o  $a < 0,5$  independiente del valor de *Ayuda*).

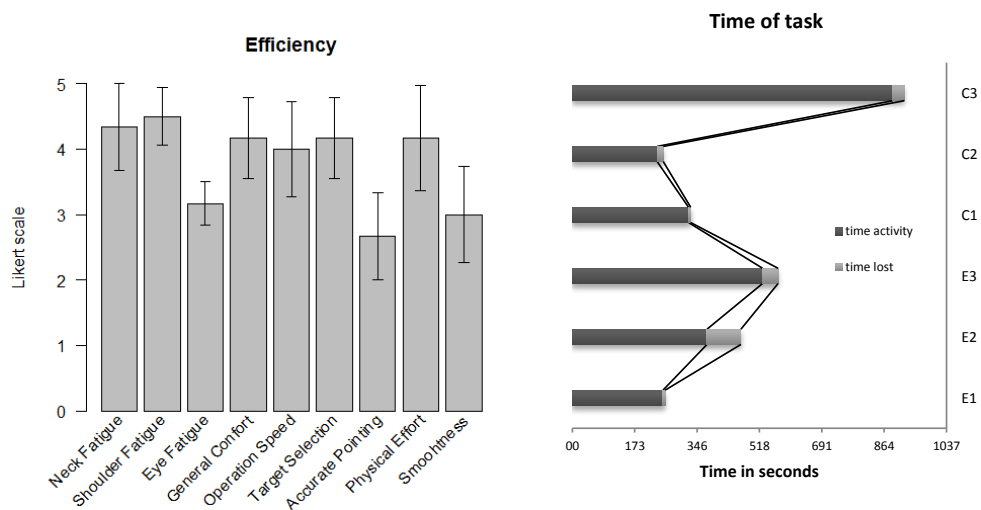
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

En el estudio solamente la interacción de un estudiante ha sido valorada como *High*, con un valor de  $a=1,00$ ; también hay una la interacción valorada como *Bajo* ( $a=0,58$ ); las restantes han sido valoradas como *Medium* ( $0,77 \leq a \leq 0,92$ ), habiendo todos recibido ayuda del tutor.

### 5.1.3.2. Eficiencia

Refiérase a los recursos gastados para obtener efectividad. Con el método *Pensar en voz alta*, observamos las variables de *Fatigue Measure* (ISO 9241-9 anexo C): fatiga del hombro y cuello, y otros relacionados con la fatiga neuromuscular y la comodidad, medida por Zhang (2007). La *Figura 12.a* detalla los resultados de la observación de cada interacción, aplicando una escala de Likert para cada variable del cuestionario: el valor 1 se refiere a la fatiga extrema y 5 para los casos en los que no se observa ningún tipo de fatiga. La *Eye Fatigue* es el referente de mayor consideración dentro del grupo de métricas de cansancio, con una media=3 y sd=0,37; *Accurate Pointing* (mean=2,37; sd=0,6) es la variable más cercana a una fatiga extrema, provocada principalmente por la limitada visión de cada niño.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



a) Medidas de fatiga y comodidad

b) Tiempo para cumplir las tareas

**Figura 32.** Resultados de Eficiencia

*Tiempo para cumplir las tareas* es otra de las métricas de eficacia, y refiere al esfuerzo requerido por el usuario para cumplir con la actividad (Ponsa et al., 2014); se ha disminuido al tiempo general del usuario para cumplir con la actividad, el tiempo de distracción por causa del dispositivo eye-tracker o por interrupciones del tutor para profundizar en explicaciones sobre las actividades (Figura 12.b). C3 es el usuario que más tiempo ha requerido para la interacción, aunque su tiempo muerto por razones del dispositivo o por explicaciones del docente no es el mayor. E2 es el usuario que más tiempo ha requerido en atención por parte del profesor o fallo del eye-tracker. El tiempo promedio de interacción es de 466 segundos, con  $sd=255$  segundos; estos valores muestran la gran variación en cuanto al tiempo requerido para cumplir con las actividades según sus capacidades y orientación del tutor.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 5.1.3.3. *Facilidad de Aprendizaje (Learnability)*

Queremos saber si resulta fácil para el usuario completar la tarea, porque el formato y la estructura de los recursos debe ser fácil de entender, y el usuario pueda comenzar rápidamente a realizar el trabajo propuesto (Jeng, 2005); Las variables consideradas por Jeng han sido seleccionadas y adaptadas al alcance de este estudio, que, en el campo de la *facilidad de aprendizaje* tienen como objetivo examinar el esfuerzo de aprendizaje de utilizar los recursos diseñados previamente.

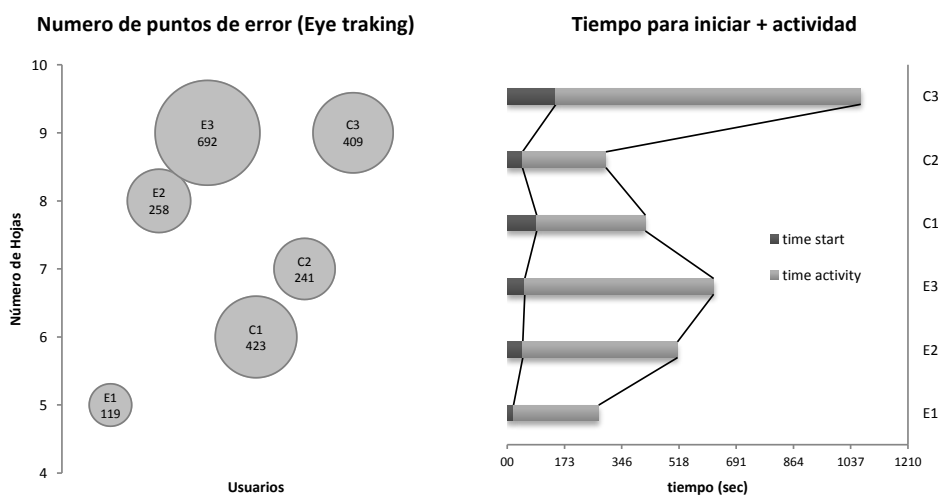
El tiempo que los sujetos necesitaron antes de su primer respuesta, ya sea haciendo clic con el mouse o por respuesta verbal se puede ver en la *Figura 13.b*, donde se muestra la suma de los tiempos de cada uno de las hojas; este valor es proporcional a la cantidad de hojas y por consiguiente al tiempo que cada usuario requiere para cumplir con las actividades. Esta variable es mayor en el grupo que trabaja con los recursos cotidianos de clase (C1= 27,13%; C2 =18,25%; C3 = 15,98% del tiempo total de la actividad) en contraste con los que trabajan con recursos adaptados a la plataforma Tango:H(E1=7,39%; E2=10.06%; E3=9,30%); los valores anteriores son estadísticamente diferentes aplicando t-student para grupos no relacionados se obtiene diferencias significativas entre las medias correspondientes a respuestas de CG y EG ( $t=3,301$ ;  $df=4$ ;  $p\text{-value } ,030$ ).

¿Cuántas preguntas de las hojas puede el sujeto responder correctamente? La respuesta se encuentra en la *Tabla 11: ISO/IEC 9126-4: Mean Responses*. Solamente E1 responde de forma correcta todos los ítems. El mínimo porcentaje de respuestas correctas corresponde C1 (58%,  $sd=0,3436$ ). A partir de una visión general, los recursos preparados para la interacción gestual tienen una respuesta media más alta que los recursos convencionales, pero esta diferencia no es estadísticamente significativa.

Gracias a la riqueza de los datos obtenidos con eye-tracker, tenemos base suficiente para explicar estas variables:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- *Número de veces que observaron una respuesta errónea.* Está directamente relacionado con la frecuencia de error en la mirada mostrado en la *Tabla 11* ( $2,00 \leq x \leq 4,17$ ). La variación de la mirada en el objeto de respuesta no significa necesariamente que el estudiante no entiende la estructura de la hoja, sino que está discriminando entre objetos posibles en busca de una respuesta correcta.
- *Número de puntos de observación hacia un objeto que no es una respuesta correcta.* Aquí contamos cada punto de observación desde el eye-tracker. La *Figura 13.a* detalla el número de puntos de visión capturados con seguimiento ocular y estimados como errores cuando el usuario observó objetos no marcados como respuestas. El individuo E3 (e=692 p.) es el usuario con más alto número de errores, principalmente debido a su nerviosismo y la falta de alineación con el dispositivo de seguimiento ocular. En el caso de C1 (e=423 p.) y C3 (e=409 p.) no podían expresar su forma de respuesta al formato normalmente planteado en papel, y requerían relacionar y hacer coincidir objetos como respuestas.



a) Nro. de veces que observaron respuesta errónea    b) Tiempo para iniciar + actividad

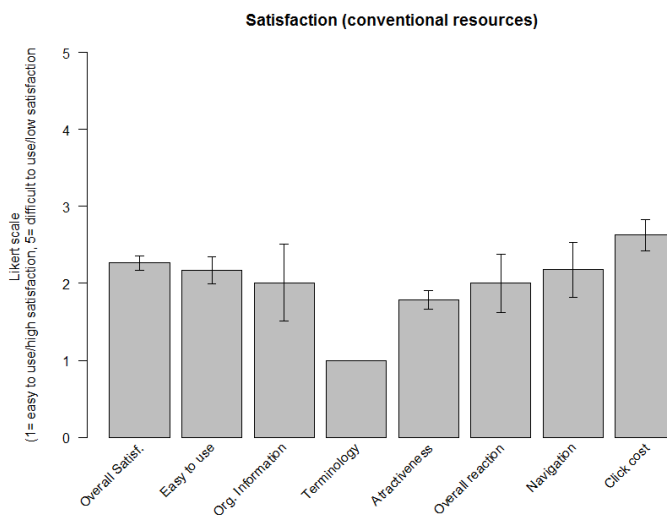
**Figura 33.** Resultados de Facilidad de Aprendizaje

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



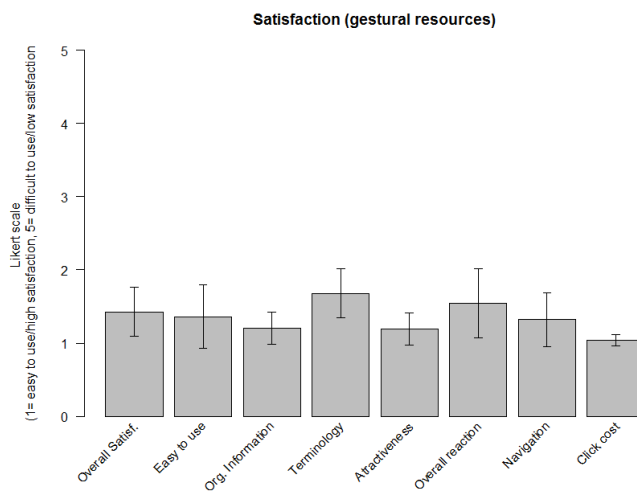
5.1.3.4. Satisfacción (ISO/IEC 9126-4)

Esta métrica explica la comodidad y la aceptación de usar un objeto de aprendizaje. Este estudio como el de Jeng (2005) aplica la escala de Likert para medir facilidad de uso y satisfacción (1 = fácil de usar / alta satisfacción, 5 = difícil de usar / baja satisfacción). Las puntuaciones para calcular la satisfacción general se recogen de las escalas de Likert después de completar cada tarea. Los ítems son analizados por grupos: recursos convencionales (*Figura 14.a.*) y recursos de interacción gestual (*Figura 14.b.*)



a) Satisfacción (recursos convencionales)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**b) Resultados de métricas de Satisfacción (recursos de interacción gestual)**

**Figura 34.** Resultado de variables de Satisfacción.

De las variables propuestas por Jeng (2005), se omitieron *mistake recover* and *lostness*, ya que no se relacionan con los objetivos del estudio. *Terminology* es la variable con más alto grado de satisfacción, con una valoración ideal en los recursos convencionales; en este grupo *Click cost* tiene la más baja satisfacción debido principalmente a la complejidad que representa para los usuarios dar respuesta a preguntas de complete o escriba, y debieron responder de forma oral. El tipo de pregunta booleano (yes/no), complete la frase y emparejamiento de cuatro o más objetos en una sola lámina, son la razón por la cual de forma general la satisfacción del usuario sea más baja en los recursos convencionales; por su parte las láminas de interacción gestual plantean actividades del tipo: ordenar, emparejar y clasificar, no teniendo en ningún caso más de 5 objetos en una misma lámina; para los ejercicios de emparejamiento como se observa se tiene una sola relación, lo que resulta sencillo de trabajar para el usuario, y facilita la interacción.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Los recursos tienen un buen diseño en cuanto a *color*, al evitar el uso de colores saturados, y realizar una combinación adecuada de colores según los estándares internacionales. Así mismo se hace un buen manejo de los *espacios en blanco* en todos los recursos diseñados para Tango:H, no así en los de trabajo cotidiano.

#### 5.1.4. *Discusión*

El proceso de validación metodológica de Usabilidad de recursos didácticos convencionales y de interacción gestual, para los niños y niñas con SD ha permitido obtener datos que permitirán a los docentes replantear estrategias en mejora de la educación de esta sensible población. Los recursos diseñados para interacción gestual han tenido en las distintas métricas mejores valoraciones, con *Task effectiveness* mayor al 63%; en todos los casos se obtuvo una *completacion de tareas* superior al 83%; en CG la *Efectividad en las tarea* min=33%, en particular por la acumulación de objetos y respuestas no adaptables sin un entrenamiento previo a un nuevo ámbito de interacción, con la presencia de terceras personas y dispositivos que reducen la atención del estudiante. El usuario se adapta de forma rápida a la estructura de los recursos planteados, con mayor facilidad en los recursos de interacción gestual. Los estudiantes discriminan de forma continua entre las opciones a responder, lo que se refleja en la cantidad de puntos de mirada recorriendo los objetos de posible respuesta (Fig4a). Así mismo, los Índices de satisfacción (Jeng 2005) son altos para todos los recursos, sobrepasando en todos los casos la media en escala de Likert, siendo mejores en los recursos de interacción gestual. Los recursos didácticos de forma general tienen una alta calidad, y han sido preparados de forma pedagógica y personalizada por los docentes para lograr mejores aprendizajes; hay que considerar que los recursos de interacción gestual fueron adaptados en su momento desde los recursos cotidianos de trabajo del estudiante. Para Nielsen (1993) *Facilidad de aprendizaje* es en cierto sentido el atributo de usabilidad más fundamental; Los recursos deben ser fáciles de entender y aprender.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Una de las preocupaciones iniciales era la adaptación del estudiante a la interacción con el dispositivo eye-tracker. Resultados nos demuestran que la *Fatiga en la mirada* es mayor a 3 en la escala de Likert, cumpliendo el proceso sin mayores inconvenientes. El tiempo perdido es mínimo por procedimientos de control y de adaptación con eye-tracker. Así mismo, *Esfuerzo Físico*, *Fatiga del hombro* and *Fatiga de cuello* tienen valoración *positive*, es decir no influye en el proceso normal de valoración de los recursos.

Resumiendo algunas de las variables analizadas en las métricas de *Eficacia*, *Eficiencia*, *Facilidad de Aprendizaje* y *Satisfacción*, se evidencia una *brecha en la ejecución*, al percibir que el usuario no es capaz de relacionar el requerimiento planteado por el docente en las láminas; los objetos de mayor atención no corresponden a los esperados por el docente. Así mismo en el diseño de los recursos se percibe un error de “*affordance*” ya que el docente siempre requiere de explicar al usuario cada elemento de las láminas. No es visible un *mapeo natural* en las láminas diseñadas en clase convencional, ya que los resultados no corresponden a lo que el docente esperaba sucediera en el proceso de aprendizaje del estudiante, por lo cual hace repetir varias veces el proceso. Se cumple con *ordenación*, al resultar fácil al usuario identificar los elementos de interacción y cumplir con la tarea de aprendizaje.

Haciendo una validación subjetiva de la percepción desde las Leyes de Gestalt (Koffka, 1935), se comprueba que los recursos diseñados con Tango:H obtienen una mejor percepción del usuario; estos recursos cumplen con un mayor número de leyes que los trabajados en el aula convencional. Esto se corrobora desde los datos obtenidos en la secuencia de la mirada en búsqueda de una respuesta correcta. Es visible el cumplimiento de la *Ley de continuación*, que menciona que la atención visual tiende a seguir intuitivamente la dirección espacial de los elementos, y si los cambios de dirección son suaves, se facilita la percepción y agrupación de elementos; en los recursos didácticos diseñados en clase convencional, los cambios de dirección bruscos para completar respuestas hacen que la atención visual sea en extremo diversa dentro de la lámina; lo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

contrario sucede con los recursos diseñados para Tango:H, donde los recursos están organizados además según la *Ley de región común* y de *proximidad* (instrucción, elementos de relación y respuestas). En ambos tipos de recursos se recursos es visible el cumplimiento de las leyes de *simetría* y *similitud*.

### 5.1.5. Conclusiones

- Las condiciones de limitada visión de los estudiantes hace que la tarea de trabajo con eye-tracker tengan una mayor complejidad, incrementando ligeramente los tiempos de respuesta y comprensión. Sin embargo, el uso del dispositivo ha permitido conocer de manera objetiva el foco de atención del usuario en el recurso didáctico, dando mayor validez a los resultados del estudio.
- Complementar *Facilidad de Aprendizaje* a las tres métricas principales de ISO 9241-11: *eficiencia, eficacia y satisfacción*, ha permitido una estudio integral; esto relaciona directamente a Nielsen (1993) para quien la facilidad de aprendizaje es una de las más fundamentales de usabilidad.
- En el diseño de los recursos se percibe un error de “*affordance*” ya que el docente siempre requiere de explicar al usuario cada elemento de las láminas, como se visualiza en las métricas de *eficacia*, donde en todos los casos el estudiante requiere asistencia del docente.
- No es visible un *mapeo natural* en las láminas diseñadas en clase convencional(GC), ya que los resultados no corresponden a lo que el docente esperaba sucediera en el proceso de aprendizaje del estudiante, por lo cual hace repetir varias veces el proceso en búsqueda de una respuesta correcta. Los objetos de mayor atención no corresponden a los esperados por el docente.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- La calidad de los recursos educativos es buena en términos generales; se obtiene para los recursos convencionales y de interacción gestual altos porcentajes de *cumplimiento de tareas* (>83%), con una *eficacia de tareas* superior para los recursos de interacción gestual (>63%).
- La métricas de *eficiencia* muestran altos grados de respuesta por parte de los niños y niñas con DS; *Eye fatigue* ( $x=3,15$ ;  $sd=0,37$ ) no limitó el cumplimiento de la tarea y se obtuvo *Accurate Pointing* por sobre la media ( $x=2,57$ ;  $sd=0,60$ ).
- Los Índices de *Satisfacción* (Jeng 2005) son altos para todos los recursos, sobrepasando en todos los casos la media en escala de Likert, siendo mejores en los recursos de interacción gestual.

Como trabajos futuros se considera las métricas específicas aplicadas a patrones de interacción, para conocer los puntos focales de atención específica sobre los recursos didácticos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO VI

### 6. COMPUTACIÓN AFECTIVA EN PERSONAS CON SINDROME DE DOWN DESDE IPO GESTUAL EN AULA DE CLASE

Para que las emociones lleguen a ser información que un sistema computacional pueda utilizar, es necesario un modelo para reconocer las emociones. Por tanto se ha trabajado de forma organizada para conocer este comportamiento emocional a partir de los datos obtenidos de un ambiente multimodal en un aula de clase con la plataforma interacción gestual Tango:H sensores, y recursos observacionales que permiten analizar este comportamiento. En primer momento se presenta un modelo multimodal para conocer la Experiencia Afectiva de Usuario, desde el cual en posterior se aplica para el análisis en texto transcrito desde video y adaptación de lectura continua del instrumento observacional EMODIANA.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 6.1. EXPERIENCIA AFECTIVA DE USUARIO EN PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN (UAX-DS): MODELO MULTIMODAL DESDE AULA DE CLASE CON PLATAFORMA DE INTERACCIÓN GESTUAL

La computación afectiva permite la sensibilización de la interacción humano computador, validando el estado emocional del usuario. Los estudiantes en el ambiente escolar tienden a cambiar muy fácilmente su estado emocional por factores externos o propios de la sensibilidad de su edad. Se propone UAX-DS como enfoque general para conocer el estado emocional de la persona con SD durante su estimulación en el aula de clase gamificada con apoyo de una plataforma de interacción gestual TangoH. El planteamiento se sostiene en dos fases: la primera fase contiene 3 momentos: Interacción, Pre-Procesamiento y resultados intermedios; la segunda fase refiere a una matriz general para la comparación de *Emociones en Datos* y un proceso para seleccionar el mejor modelo de *ML* aplicando las curvas de ROC. Se presenta resultados obtenidos a partir de datos simulados de interacción, siguiendo los parámetros y formatos de datos estándares que han servido como insumo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



### 6.1.1. Introducción

Investigadores en el área de IPO reconocen y consideran un área emergente a la computación afectiva, valorando la importancia del factor emocional durante el desarrollo de las actividades de interacción, con aplicabilidad en diversas áreas como el marketing, arte, negocios, medicina, entretenimiento, salud y primordialmente en educación, que es el ámbito de esta investigación. Así, UAX surge desde esta necesidad y oportunidad (Buck et al., 2017), tiene como línea base conocer como el usuario se siente y de esta forma realizar un proceso de representación personal dentro del contexto de la aplicación. En nuestro caso se ha particularizado toda la evaluación a personas con Síndrome de Down, por lo cual se ha denominado UAX-DS; aunque su extensión puede ser adaptable a la población universal.

Sin duda las decisiones de diseño afectivo y cognitivo, requieren como insumo información primaria de las necesidades afectivas y cognitivas, realizar un análisis de las propuestas y soluciones para cumplir este requerimiento afectivo y cognitivo, y finalmente un cumplimiento plasmado en el diseño afectivo y cognitivo; estos aspectos son considerados con una amplia gama de intereses, incluyendo diseño de ingeniería, factores humanos y ergonomía, psicología de ingeniería, marketing, e interacción persona-ordenador (Magerkurth et al., 2005) desde la cual se proponen alternativas de humanización de la tecnología desde la computación afectiva.

Los avances tecnológicos para la personalización de la interacción siguen siendo prioridad para muchos fabricantes, y cada día son accesibles en mayor cantidad y calidad dispositivos que facilitan la *comunicación invisible* con el computador. Esta información llega desde los dispositivos de uso diario y los *vestibles* que son ya parte del diario interactuar de muchas personas, con un índice incremental en especial en personas con necesidades especiales de monitoreo de salud (presión arterial, frecuencia cardiaca, grado de azúcar en la sangre...), comportamiento, ubicación, rehabilitación, entre otros (de la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Guía et al., 2015). Esto se amplifica en entornos de interacción gestual, donde los recursos tienen uso educativo, recreativo y de rehabilitación (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013), disponiendo de una gran variedad de sensores para la toma de datos, tanto invasivos como invisibles.

Un espacio en el cual se está fortaleciendo el análisis de emociones, es en los videojuegos; esta industria ha apostado por la inmersión del usuario dentro del ambiente diseñado de interacción, de tal forma que se sienta parte del mismo y pueda personalizar su historia, lo cual se logra especialmente en entornos de realidad virtual y aumentada, y con una variedad de sensores que cuentan a la máquina el estado emocional del usuario. Yiing Ng (Ng & Khong, 2014) clasifica en cinco los aspectos de la interface afectiva de un juego: retos, estética y visualización, narrativa, usabilidad e interface, y flujo; y expone además tres métodos no invasivos de medición de la interacción: *físicas* (movimiento corporal y gestual, capturado en cámaras y sensores), *fisiológicos* (piel, presión sanguínea, latidos del corazón y ondas cerebrales, medidas desde *affective wereables*) y *observacionales* (facial, vocal y de expresiones gestuales); las dos primeras propuestas permiten una valoración objetiva y de estas se ha planteado el trabajo con los sensores fisiológicos.

En el documento se presenta un modelo para la evaluación de experiencia afectiva de usuario desde un ambiente de interacción multimodal, teniendo como eje central la interacción gestual con el sensor Kinect y la plataforma Tango:H. Se han diseñado recursos didácticos para la interacción, los cuales serán el centro de atención del usuario. La validación es asíncrona, apoyada en datos fisiológicos obtenidos de sensores (sensores frecuencia cardíaca), datos observacionales obtenidos de forma continua en tiempo real durante la intervención con el instrumento observacional continuo adaptado de EMODIANA(P. V. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2017), y datos objetivos y subjetivos obtenidos desde el análisis asíncrono de video, teniendo una valoración emocional subjetiva desde los anotadores, valoración objetiva desde la transcripción de texto

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

en la narrativa de cada participante, y valoración objetiva desde el análisis facial de rostro. Es por tanto una fuente multimodal desde la cual se establece de forma objetiva y subjetiva la valoración emocional en el aula de clase.

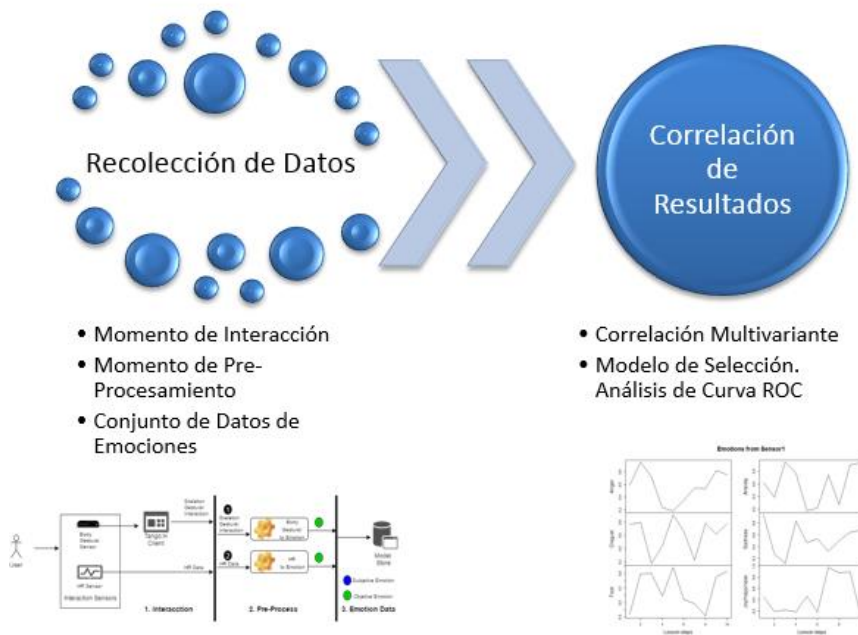
El modelo presenta un estudio teórico introductorio de las emociones básicas, sosteniéndonos en la propuesta de Paul Ekman (Ekman, 1999) y otros investigadores, cuyas investigaciones son base para nuevos proyectos de investigación y productos de software. Se presenta UAX-DS como un área emergente de la ciencia (Buck et al., 2017), relacionando investigaciones de UX con análisis de emociones, y para nuestro estudio en ambientes educativos, en particular desde entornos de interacción gestual. Como punto central se describe este enfoque de UAX-DS, que comprende dos fases: la primera dividida en tres momentos: un conjunto de fuentes de entrada de datos durante la interacción, que luego de ser organizados pasan por un procesamiento (algoritmos de Machine Learning en la mayoría de caso) para obtener datos de la variación de emociones en ventanas de tiempo almacenadas en una Base de Datos local junto a los modelos de ML; la segunda comprende dos productos: un modelo estadístico basado en una matriz de correlación para los datos de la fase 1, para mostrar la estimación del estado emocional general desde un modelo unificado, y un *Model Selector* basado en curvas ROC. Al final están las conclusiones, limitantes y trabajos futuros realizarse desde la propuesta planteada.

### **6.1.2. Enfoque de UAX-DS en entornos de Interacción Gestual**

Desde UAX-DS se propone un proceso para el tratamiento de la información proveniente de la interacción gestual, que permita conocer el estado emocional del usuario con SD durante la sesión de trabajo. La propuesta inicial es síncrona/asíncrona, es decir que hay datos que son analizados en tiempo real y otros se obtienen y almacenan para un posterior análisis. Consta de dos fases secuenciales a nivel general: recolección de datos y correlación de resultados. La primera tiene como objetivo la disposición de los primeros resultados (resultados intermedios) de la interacción en un formato de archivo de datos

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

estándar, válido para en la segunda fase realizar análisis y propuestas de investigación con algoritmos de *aprendizaje automático* (ML) centrados en objetivo de la computación afectiva, independiente de la plataforma, herramienta, lenguaje o estrategia que el experto desee aplicar. Esta característica hace al modelo abierto a la tecnología y herramientas de ML que puedan ir surgiendo desde la academia o empresa, sin cerrarse a uno en específico. Para el caso que está en estudio, el objetivo es mejorar el diseño de recursos de interacción y la validación de Tango:H desde estos nuevos parámetros



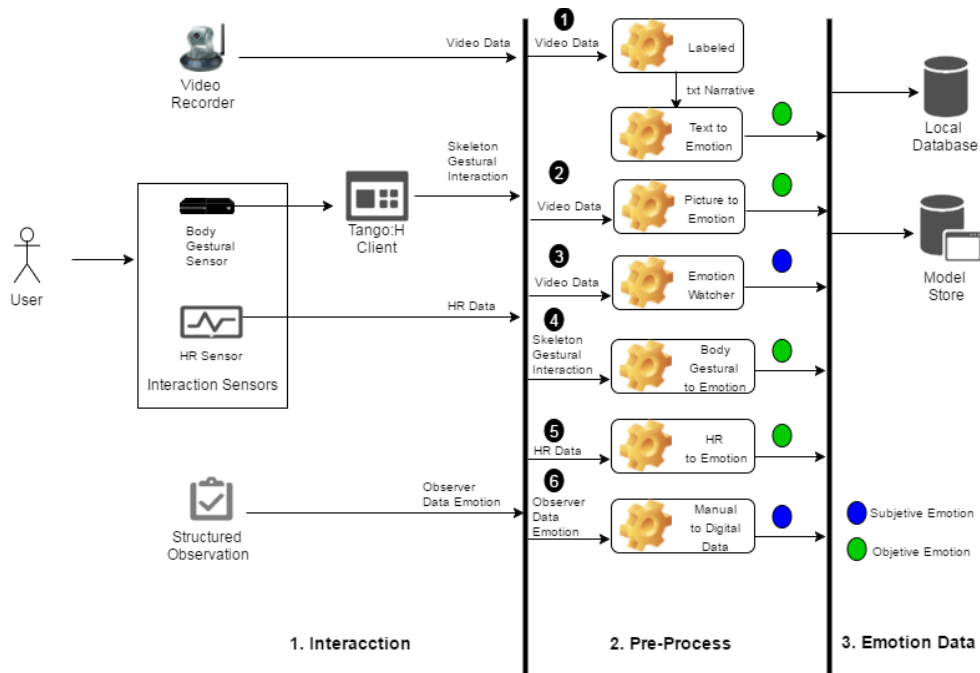
**Figura 35.** Enfoque General de UAX propuesto

### 6.1.2.1. *Fase 1: Recolección de Datos*

Esta fase está compuesta de tres momentos continuos de estudio; se inicia con el proceso de interacción que requiere una preparación preliminar de recursos y la captura de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

las características del usuario; pasamos luego al procesamiento (con o sin Machine Learning), que para su estandarización (en los casos de requerirlo) se sugiere la metodología CRISP-DM, sin embargo podría ser KDD, que como demuestra (Holzinger, 2013); los resultados son obtenidos bajo un formato estándar, organizados en ventanas de tiempo/emociones y modelos matemáticos correspondientes (ver Fig1). El formato estándar permite la posterior correlación entre la variedad de insumos de entrada generados.



**Figura 36.** Modelo Marco para estudio de UAX-DS

#### 6.1.2.1.1. Momento de Interacción

El momento de interacción requiere una fase previa de planificación (no expuesta en este trabajo) para la preparación del escenario, recursos didácticos de interacción (Tango:H Designer), configuración y calibración de sensores para captura de datos,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

configuración de sistema de interacción (Tango:H cliente) para características de usuario, y adecuación de los sistemas de almacenamiento de información. Las fuentes de entrada de datos consideradas son dos: sensor de lectura de gestos corporales (desde MS Kinect u otro con similares características) y sensor de ritmo cardiaco. El modelo planteado es incremental, siendo posible agregar fuentes de datos para el análisis, si en el momento 2 (Pre-Process) se extiende una técnica para transformar los datos en un conjunto de emociones.

El método para conocer el estado emocional con resultados objetivos, fiables y mayor madurez en experimentación científica hace uso de sensores biométricos para obtener datos fisiológicos y neurológicos. El desarrollo de *vestibles* y otros dispositivos de uso personal para monitorear variables fisiológicas y bio-datos ha fortalecido este campo de la ciencia (Katsis et al., 2011; Wen et al., 2014), cuya fuente es manejada siguiendo los patrones usados por médicos y psicólogos. En todos los casos la información debe ser etiquetada y organizada por cada usuario y sesión. La confidencialidad de los datos está ligada de forma directa a las buenas prácticas éticas del tratamiento de información obtenida de personas; además de ello es necesario mantener medidas de contingencia y seguridad de los datos como explica el estándar ISO 27001.

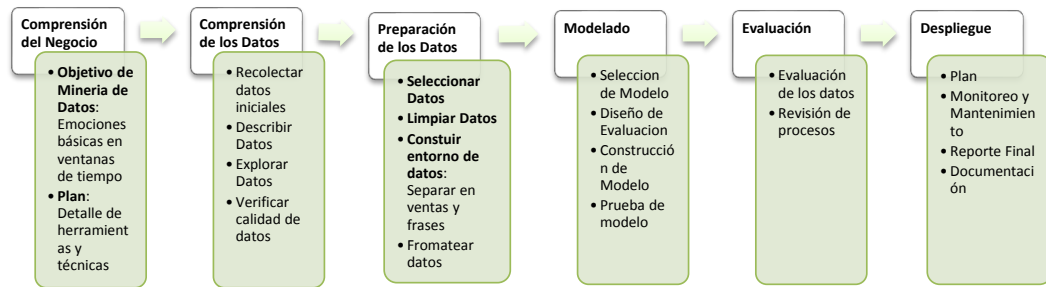
#### 6.1.2.1.2. Momento de Pre-procesamiento

El análisis automático de sentimientos se divide en dos principales enfoques: basados en conocimiento y en aprendizaje automático. En 1995 Picard (Picard, 1995) expone que los ordenadores están empezando a adquirir habilidades para expresar y reconocer afectos, y que pronto tendrán la habilidad de mostrar emociones, siendo ahora una tecnología emergente desde IPO.

Requiere el trabajo organizado y sistemático para convertir los datos origen en datos clasificados en emociones básicas organizadas en ventanas de tiempo, que permitan

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

visualizar la variación emocional del usuario. Existen varios algoritmos para la clasificación en Minería de Datos (DM del inglés Data Mining) y Aprendizaje Automático (ML del inglés Machine Learning); estas soluciones están dispersas y requieren de un método para establecer una solución integral del estado emocional del usuario durante la interacción. Se propone utilizar una versión simplificada de la metodología *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) detallado en Figura siguiente:



**Figura 37.** Fases de Metodología CRISP-DM

Fuente: Adaptación gráfica desde (P. Chapman et al., 2000)

Para el tipo de datos obtenidos, uno de los modelos de análisis más aplicados es *Clasificador de regresión logística*, un algoritmo de clasificación que mide la relación entre variables categóricas y una o más variables independientes; este modelo es de gran ayuda en *Aprendizaje Profundo* para construir árboles de redes neuronales. Para casos de usuarios especiales, cuando las métricas fisiológicas son muy singulares y no existe un *corpus* validado, es necesario crearlo y validarlo previamente para disponer de fuentes de datos fiables con los algoritmos de entrenamiento y evaluación.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Metodología CRISP-DM

La metodología que se aplicó fue CRISP-DM (Proceso de construcción cruzada estándar de minería de datos). Esta metodología brinda una visión global del ciclo de vida de un proceso de minería de datos. Consta de seis fases que se complementa dentro de un ciclo iterativo e incremental, acorde a los objetivos planteados. Es adaptable a procesos complejos y sencillos, pudiendo el responsable de los datos obviar o profundizar en las fases que considere necesario para llegar a los resultados necesarios de análisis y posterior toma de decisiones (P. Chapman et al., 2000). Se ha considerado necesario realizar esta adaptación dentro del proceso macro de la metodología para diseñar un ordenado con los datos obtenidos previamente de la interacción.

- a) **Comprensión del negocio.** Esta primera fase está dirigida a comprender cada uno de los objetivos así como los requisitos del proyecto. Nuestro *objetivo* es obtener la clasificación de emociones por cada sección de datos correspondiente a una lámina, sesión y lección. Como *detalle de la situación*, en el contexto explicado en detalle en fases previas, exponer que se trata de datos tomados desde un proceso de interacción gestual, disponibles en video y texto. Y en la sección final de esta fase, como *plan del proyecto*, mencionar que se trabajará con varias plataformas de acuerdo a los datos obtenidos. Así para el análisis de texto se usará scripts de R con R Studio y *Text Analytics* de SPSS.
- b) **Comprensión de los datos.** Esta fase tiene como requiere realizar un análisis del origen de los datos, con el fin de comprender la información y examinar los aspectos que sean relevantes al proyecto. Para *recopilar datos iniciales*, se lista los corpus o conjunto de datos que se ha encontrado, y se explica el por qué se los han seleccionado, los problemas que se podrían presentar y beneficios para el cumplimiento de objetivos. Los datos luego son *descritos* identificando y detallando sus propiedades. Finalmente es necesario *verificar la calidad de los datos*, teniendo en cuenta de la fuente de datos sea fiable y cuente con un respaldo de organizaciones valederas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



- c) **Preparación de los datos.** Requiere de la selección del dataset que se va a trabajar durante todo el proyecto y la posterior limpieza de los datos acorde a las necesidades de minería. Para la *selección del dataset* se tiene que tener en cuenta que cumplan con los objetivos del proyecto, esto conlleva la revisión de los metadatos de los campos y registros. En la *limpieza de datos* se debe de tener en consideración aspectos estadísticos como datos “anormales” que distorsionen al resto, espacios vacíos, datos repetidos, formato de los campos, entre otros.
- d) **Modelado.** Esta fase se orienta a encontrar las técnicas o algoritmos y herramientas que se ajusten a la necesidad del proyecto, con el objetivo de resolver el problema que se plantea en el tema de minería de datos. Para la *selección de algoritmos* hay que considerar los datos existentes, la cantidad de data, el grado de confidencialidad, los parámetros que requiere el algoritmo y si el modelo matemático/lógico permite cumplir con los objetivos planteados o parte de ellos.
- e) **Evaluación.** Permite conocer el grado de cumplimiento de los objetivos que se plantearon, además se conocer si los algoritmos y herramientas aplicadas dieron el resultado esperado. Se realiza una evaluación comparativa de cada uno de los algoritmos y herramientas implementadas. También se hace una evaluación global de los resultados obtenidos en la implementación como insumo de retroalimentación, de un proceso iterativo.

#### 6.1.2.1.3. Conjunto de Datos de Emociones

La organización de los datos en ventanas de tiempo es de gran importancia para la estructuración de la data, y su futura relación. Los datos fuente deben estar sincronizados en cuanto al tiempo específico de inicio del análisis. La cantidad de ventanas de tiempo no debe ser menor a tres, y se establece en base a al tiempo de interacción, cantidad de fuentes de origen de data, densidad de los datos en sus diversas formas y el requerimiento de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

precisión por parte del investigador; inclusive una posibilidad sería cada sección de tiempo que el usuario requiere para responder una pregunta o cumplir una tarea presente en un recurso didáctico.

Los datos resultantes deben estar en un tipo de dato estándar que permita la relación de los diversos tipos de datos: CSV, LibSVM's, xls u otro formato Excel, txt, ARFF para weka, sav para SPSS, bases de datos estructuradas u otro conjunto de datos estandarizado. En este momento, también se organizan todos los modelos obtenidos de las diversas técnicas en cada uno de los pre-procesos, siendo primordial la *matriz de confusión*: valores reales y predichos, organizados en verdaderos positivos, verdaderos negativos, falsos positivos y falsos negativos.

#### 6.1.2.2. Fase 2: Correlación de Resultados

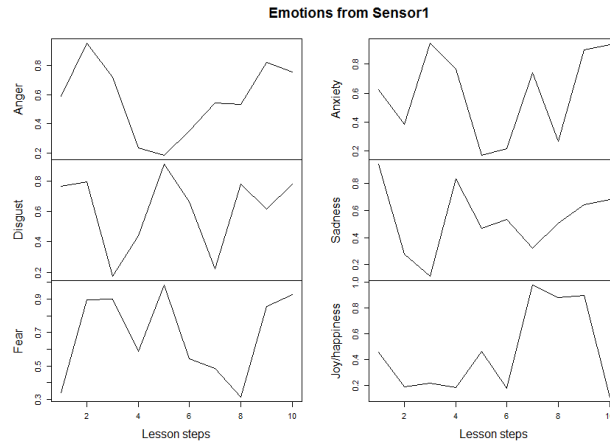
Esta fase consolida los resultados previos, permitiendo establecer desde una matriz de correlación los resultados obtenidos con cada modelo, y establecer el mejor modelo de ML aplicando ROC curve. Estos resultados permiten establecer la mejor solución a implementar bajo cada una de las situaciones de interacción que puedan presentarse.

##### 6.1.2.2.1. Método de Correlación Multi-variante

La comparación establecida se realiza desde un enfoque gráfico y estadístico, relacionando la variación respecto de cada una de las emociones que ha presentado cada modelo y su fuente de datos. Esta comparativa se da a nivel de resultados específicos (Wen et al., 2014), realizando un análisis de correlación multi-variante, a partir de la relación entre las clases (emociones) en las ventanas de tiempo en contraste con las distintas fuentes de datos (ver Fig3). Se requiere medir las variaciones cíclicas en una serie temporal de clases, aplicando el modelo y herramienta que estime el investigador, siendo el modelo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)* uno de los sugeridos por la cercanía con las necesidades del estudio.



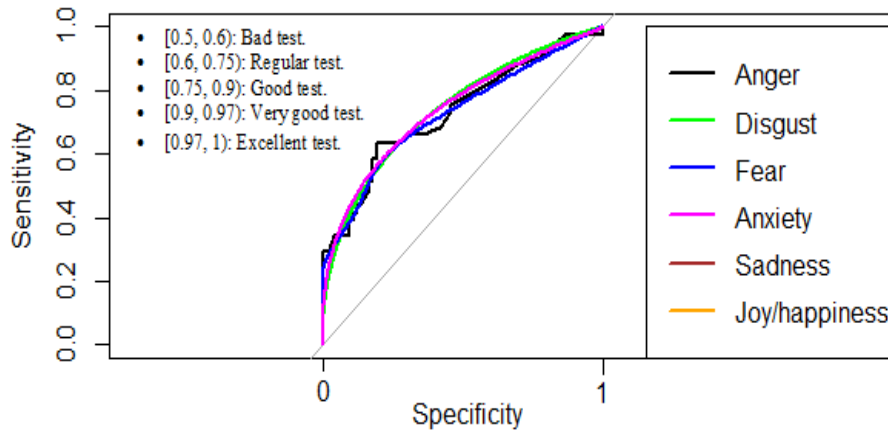
**Figura 38.** Detalle de emociones en ventanas de tiempo (datos simulados)

#### 6.1.2.2.2. Modelo de Selección: Análisis de Curvas ROC

El Área bajo la curva de *Receiver Operating Characteristic (ROC)* es una de las medidas de bondad más aplicadas en ML y estadística, junto a la *tasa de clasificaciones correctas* y las *medidas tipo  $R^2$* . La curva ROC permite seleccionar los modelos posiblemente óptimos, en una representación de la sensibilidad (razón de verdaderos positivos) frente a la especificidad (razón de verdaderos positivos) para un sistema clasificador binario, disponible en una matriz de contingencia; el mejor modelo de predicción se situaría en la coordenada  $(x=0, y=1)$  y se conoce como *clasificación perfecta*, representando 100% de sensibilidad (sin Falsos Positivos - error tipo I) y 100% de especificidad (sin Falsos Negativos - error tipo II)(Fawcett, 2006). En un estudio referente Lorincz (Lorincz, Jeni, Szabo, Cohn, & Kanade, 2013) aplica análisis ROC en estudio de emociones básicas para comparar modelos basados en time-series kernels, logrando

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

evidenciar el modelo con mejores resultados por cada emoción. Para interpretar las curvas ROC se han establecido los siguientes intervalos para los valores de AUC que van desde 0.5 a 1, como se muestra en la Figura siguiente:



**Figura 39.** Resultados para curva ROC desde datos simulados

### 6.1.3. Conclusiones

Se presenta un enfoque de UAX-DS aplicable al análisis de emociones durante la interacción gestual en un aula de clase con recursos didácticos gamificados. La aplicabilidad es general, sin embargo los datos analizados a modo de prueba general han sido relacionados a un sensor de ritmo cardiaco, que siguiendo la metodología de CRISP-DM ha permitido obtener como resultado un gráfico donde se detalla la variación de cada una de las 6 emociones básicas de Ekman en ventanas de tiempo relacionadas a cada una de las actividades realizadas por el estudiante. Se puede realizar un análisis visual del estado emocional durante toda la sesión. La metodología para el tratamiento de los datos puede variar a una más sencilla como KDD propuesta por Fayyad en 1995 compuesta de 5 fases; o SEMMA (Sample, Explore, Modify, Model, Assess) del Instituto SAS.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

La curva de ROC aplicada de forma individual a los datos obtenidos de un algoritmo y datos del sensor en ventanas de tiempo de una sesión, permite en primer momento realizar un análisis de la sensibilidad y especificidad del algoritmo con las seis emociones básicas. Aunque en el documento no se muestra, se realiza además la comparativa entre algoritmos para establecer el que mejor se adapta a la data, y sea luego el que se aplique para fases posteriores de automatización y recomendación de recursos por usuario, no contempladas en el documento.

Se considera necesario continuar el estudio y ampliar el enfoque para un conjunto más amplio de sensores y fuentes de entrada de datos disponibles durante la interacción del usuario. Tango:H por su parte como herramienta ha facilitado el proceso de desarrollo de recursos y aplicación de los mismos para la intervención experimental.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 6.2. VALIDACIÓN DE UAX-SD DESDE INSTRUMENTO OBSERVACIONAL EMODIANA

### 6.2.1. Resumen

La validación desde el instrumento observacional EMODIANA es de los más sencillos. Se puede decir que este instrumento como tal ya es un recurso que permite conocer el estado emocional general del estudiante durante la interacción, y sería un insumo complementario de validación para las demás fuentes de datos. Sin embargo se ha propuesto una conversión desde el instrumento a un recurso de análisis para emociones en los rangos de Positiva – Neutra y Negativa, que simplifique la abstracción subjetiva del observador. Se sigue el modelo multimodal desde aula de clase con plataforma de interacción gestual para realizar la validación de UAX-DS, presentando al final un detalle por lección de los emociones por usuario en rangos de positiva o negativa.

### 6.2.2. Introducción

Una de las formas más ampliamente utilizadas para medir las emociones se basa en el modelo tridimensional: valencia, activación y control (Russell & Mehrabian, 1977). Existen diferentes instrumentos para llevar a cabo estas evaluaciones, entre las que se incluyen SAM (Ekman, 1999) y Premo ©: Medida de la Emoción del Producto (Desmet, 2005). Este último se basa en SAM pero está específicamente diseñado para medir la experiencia emocional de un usuario con un producto. En estos instrumentos las personas deben identificar y seleccionar entre un número de emociones, la que están sintiendo. Solo permiten identificar una emoción a la vez. Además, si queremos utilizarlo con niños y niñas, no son adecuados ya que suponen una carga cognitiva significativa y dependiendo las edades, la identificación es un problema ya que tienen una menor discriminación emocional (González-González, Cairós-González, et al., 2013; Padilla-Zea, González Sánchez, Gutiérrez Vela, Abad-Arranz, & López-Arcos, 2012). También hay problemas de

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

asociación entre el lenguaje utilizado por los niños y niñas y la representación gráfica de una emoción (González-González & Navarro-Adelantado, 2015b). Como resultado, nuestro instrumento se basa en un instrumento denominado EMODIANA (González-González, Cairós-González, et al., 2013) que ha sido específicamente diseñado y validado para considerar las barreras cognitivas de los niños y niñas y que se basa en las fortalezas de los métodos antes mencionados.

Los métodos de medición subjetiva existentes suelen limitar la información que se obtiene en cuando a la variabilidad emocional durante el tiempo (Méndez, Collazos, Granollers, & Gil-Iranzo, 2014). En una clase las emociones de los niños y niñas cambian continuamente, y más en el caso de utilizar espacio de interacción gestual por computador en la misma. Se hace imposible reflejar esta variabilidad con los instrumentos observacionales clásicos y las mediciones pre y post test. Por otra parte, las personas con síndrome de Down tienen una menor inteligencia emocional, por lo que los instrumentos de auto-reporte emocional no son útiles en este caso (P. Torres-Carrion & Gonzalez-Gonzalez, 2015). Por ello, se requieren otros instrumentos más adecuados, tales como los de detección automática de emociones a través del rostro o biométricas, y los observacionales.

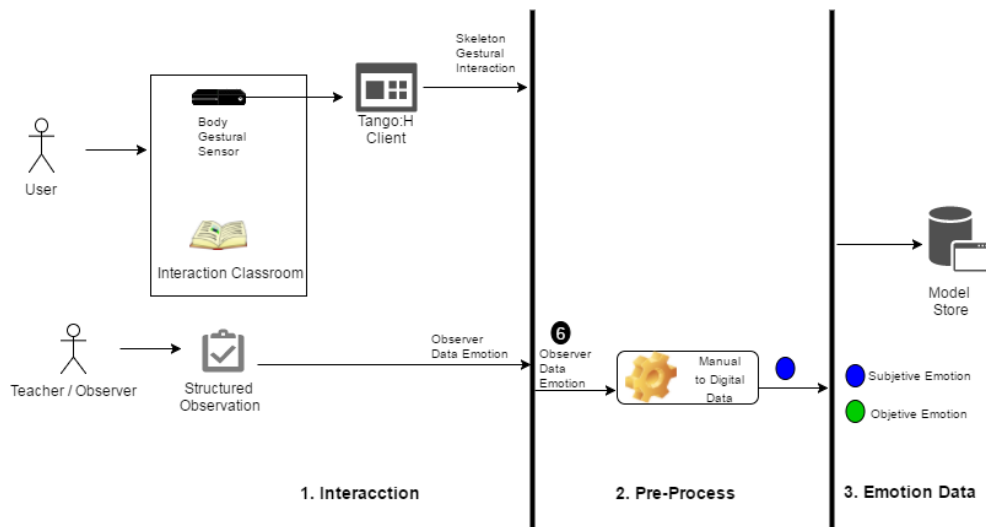
Al igual que los niños y niñas en su infancia las personas con SD, conforman un grupo de usuario con necesidades especiales en cuanto a la evaluación emocional. Por tanto, los métodos de evaluación para adultos no pueden ser utilizados con personas con síndrome de Down. Por ello, existen métodos e instrumentos desarrollados específicamente para niños y niñas, tales como la EMODIANA, pero no existen instrumentos de evaluación emocional observacional para personas con síndrome de Down. En esta investigación, presentamos un instrumento de observación emocional (ver sección 4.2.1.5, Pg.121) que por un lado permite solventar la medición discreta en el tiempo de la medición emocional (normalmente se realizan en dos momentos: pre-post test) considerando la variable tiempo y por otro lado, es adecuado para la medición emocional de la interacción de personas con

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

síndrome de Down con videojuegos educativos activos. Específicamente, este instrumento ha sido diseñado y utilizado adaptando la EMODIANA para evaluar la interacción con la plataforma TANGO: H (González-González, Toledo-Delgado, et al., 2013) basada en interacciones gestuales que fue creada por nuestro equipo de investigación, y aplicada con éxito en varias investigaciones. Un resumen

### 6.2.3. Método

Se aplica en método expuesto en este capítulo en la sección 6.1 (Experiencia Afectiva de Usuario: Modelo multimodal desde aula de clase con Plataforma de Interacción Gestual). Para el estudio de este caso se ha extendido también a un aula de clase convencional.



**Figura 40.** Modelo de Interacción para Observación estructurada con EMODIANA

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	



### 6.2.3.1. Fase de Recolección de Datos

#### 6.2.3.1.1. Momento de Interacción

El detalle de la muestra poblacional para este estudio se detalla en el capítulo IV (ver sección 4.1.4), siendo para nuestro caso seis estudiantes con SD distribuidos de forma equitativa en dos grupos de estudio (GC y GE). Como se ha mencionado previamente, se ha diseñado un *Instrumento Observacional extendido de EMODIANA* que será el recurso base para la toma de datos, y que se detalla en el capítulo IV (ver sección 4.2.1.6).

El procedimiento para la toma de datos de este instrumento fue síncrona a las actividades de interacción tanto en el aula convencional como en la de interacción gestual con Tango:H. El instrumento fue llenado por parte de la profesora a cargo, siguiendo los protocolos propios de EMODIANA (González-González, Cairós-González, et al., 2013). Un detalle de este proceso para la interacción se encuentra en el capítulo IV (ver sección 4.3.1). Ejemplares de la EMODIANA llenada por el profesor, por cada uno de los niños y niñas que participaron del estudio pueden ser revisados en el Anexo 6.

#### 6.2.3.1.2. Momento de Pre-Procesamiento

##### a) **Comprensión del Negocio**

Se dispone ya de un instrumento que permite al evaluador conocer y realizar un análisis válido de las emociones del usuario durante la interacción. Para complementar se propone realizar un tratamiento adicional a los datos, convirtiéndolos a formato digital y cuantificando los valores graficados por el observador. En posterior se seleccionará un algoritmo de clasificación para categorizar cada interacción (Lección de clase) en emociones positivas y negativas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## b) Comprensión de Datos

Los datos obtenidos son de tipo primario, obtenidos en tiempo real durante la intervención, por una docente que trabaja todas las semanas varias horas de clase con ellos, por tanto conocer de cerca a cada estudiante y la información obtenida pese a ser subjetiva es muy cercana a la realidad por el contacto que tiene la docente con los estudiantes. El instrumento observacional EMODIANA, ha sido trabajado en papel y se dispone de los recursos de seis estudiantes en cuatro lecciones de clase, siendo por tanto los datos originales veinte y cuatro fojas. La EMODIANA consta de diez emociones: cariño, alegría, satisfacción, sorpresa, seriedad, aburrimiento, tristeza, vergüenza, nerviosismo y miedo; permitiendo además detallar la intensidad de la misma en una escala Likert (1: nada – 5 mucho).

## c) Preparación de Datos

El primer paso ha sido etiquetar a cada una de las hojas del instrumento EMODIANA, siguiendo la siguiente sintaxis:

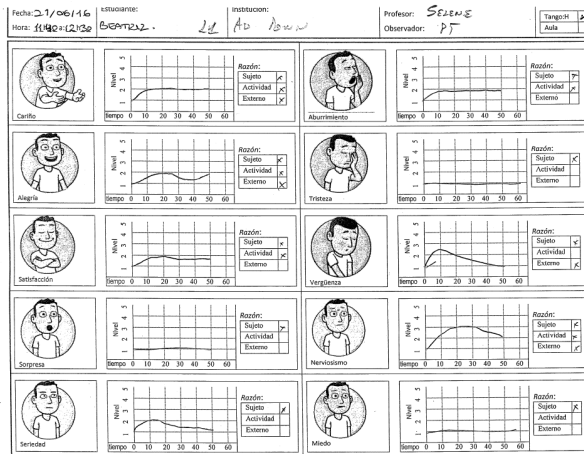
[Grupo][Nro secuencial por estudiante][‘\_’][‘L’]Nro secuencial de Lección]

- GE = Grupo Experimental
- GC = Grupo Control

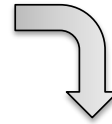
Así tenemos por ejemplo GE1\_L1 para el/la primer estudiante del grupo experimental durante la primera lección de interacción. La ordenación de los estudiantes se hacen por orden alfabético

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Para la digitalización se ha considerado trabajar con hojas electrónica en un libro de datos por cada estudiante. Cada hoja contendrá la transcripción de los datos de la EMODIANA, en ventanas de tiempo 20 segundos, como se muestra en la siguiente figura:



EMODIANA llenada por docente/observador



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			Emoción									
			1.Nada - 2.Poco - 3.Regular - 4.Bastante - 5.Mucho									
2	Time	Carillo	Alegria	Satisfacción	Sorpresa	Seriedad	Aburrimiento	Tristeza	Vergüenza	Nerviosismo	Miedo	Razón
3	0:00:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1. Sujeto
4	0:00:20	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2. Actividad
5	0:00:40	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	3. Externo
6	0:01:00	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
7	0:01:20	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
8	0:01:40	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
9	0:02:00	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
10	0:02:20	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
11	0:02:40	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	
12	0:03:00	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	
13	0:03:20	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	
14	0:03:40	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	

Paso manual a archivo Excel con ventanas de 20 seg.

Figura 41. Preparación de Datos desde EMODIANA

Para el proceso de limpieza se tendrá en cuenta la eliminación todos los momentos en que las emociones han sido identificadas con '1', lo cual indica que la emoción no fue vista por el observador. También se han eliminado los estados emocionales que se originen por un agente externo durante la interacción, debido a que no tiene una relación directa con

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

el objetivo de evaluación. No se requiere mayor limpieza ya que los datos se ingresaron directamente durante el proceso de preparación de datos.

#### d) Modelado

Para el modelado se parte de las propuestas teóricas de Wukmir (1967), Goleman (2011b) y Bisquerra (2000) que presentan una clasificación de emociones en positivas y negativas, como se muestra en la siguiente tabla:

Autor	Categorización de Emociones	
	Positivas	Negativas
(Bisquerra Alzina & Álvarez Fernández, 2000) y Goleman (2011b)	Alegría, humor, amor, felicidad, sorpresa, esperanza y comprensión	Ira, miedo, ansiedad, tristeza, vergüenza y aversión
(Wukmir, 1967)	alegría, satisfacción, cariño deseo, paz, satisfacción	tristeza, desilusión, pena, angustia, aburrimiento
<b>Para nuestro estudio</b> (desde estudios previos)	Alegría, sorpresa, cariño, satisfacción	miedo, tristeza, vergüenza, nerviosismo, aburrimiento, seriedad

**Tabla 16. Clasificación de emociones en positivas y negativas**

Fuente: Elaboración propia desde estudio realizado por (Méndez et al., 2014)

Dentro de las emociones que conforma EMODIANA, Bisquerra (2000) expone a la *sorpresa* como una emoción ambigua, junto a la esperanza y compasión. Para la intensidad se ha desarrollado la siguiente tabla porcentual de valoración de cada emoción, por el cual se multiplicará los valores correspondientes registrados en cada hoja electrónica:

- 1 = 0,00 (0%)
- 2 = 0,25 (25%)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- 3 = 0,50 (50%)
- 4 = 0,75 (75%)
- 5 = 1,00 (100%)

Tendríamos por tanto dos conjuntos de emociones:

$P = \{cariño, alegría, satisfacción, sorpresa\}$

$N = \{seriedad, aburrimiento, tristeza, vergüenza, nerviosismo, miedo\}$

Teniendo en cuenta que el conjunto de emociones negativas es mayor al de positivas, para obtener la diferencia entre estos grupos y determinar la polaridad emocional del momento, sesión y/o lección, se realiza una ponderación, quedando la fórmula así:

$$Dif(P \text{ y } N) = \frac{\sum_{i=1}^{nP} P_i}{nP} - \frac{\sum_{i=1}^{nN} N_i}{nN}$$

**Ecuación 5.** Diferencia entre emociones Positivas y Negativas

Donde:

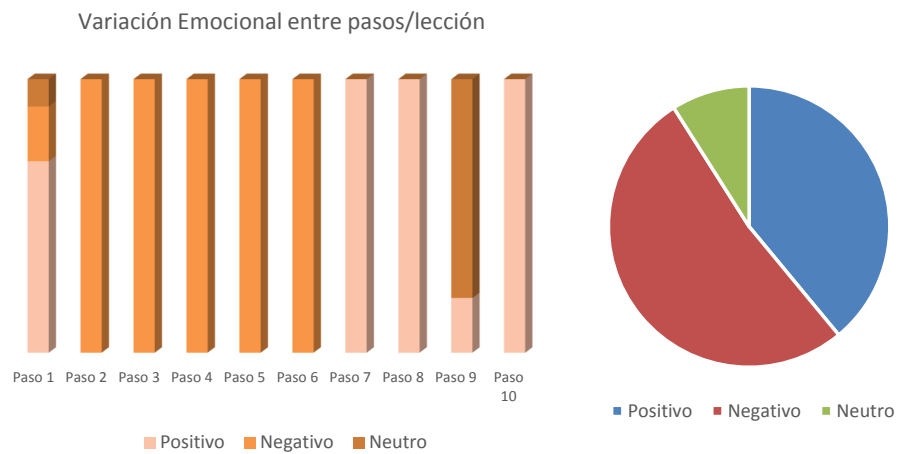
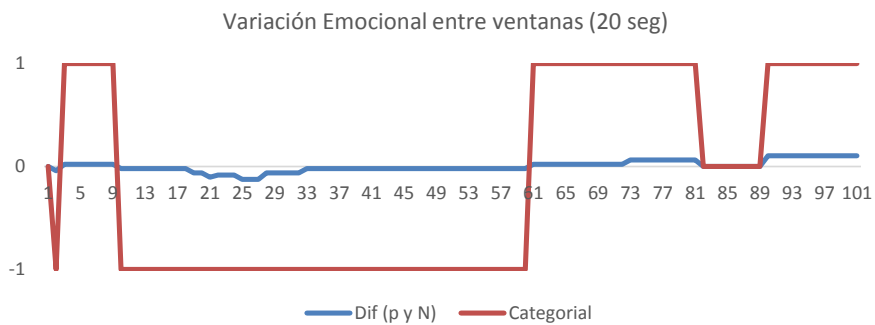
$nP$  = número de emociones en el conjunto P = 4

$nN$  = número de emociones en el conjunto N = 6

El resultado indicará si en la ventana (0,20 seg) el usuario tuvo una orientación emocional positiva, neutra o negativa, según el signo de la diferencia obtenida, y neutral en caso de ser cero. Desde estos resultados es posible hacer un análisis general de toda la lección, de comparativa entre sesiones e incluso en una línea de tiempo.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.2.3.1.3. Datos de Emociones resultantes



### 6.2.4. Conclusiones

Se ha procedido a realizar la validación complementaria desde el modelo de UAX-DS presentado en la sección 6.1. El insumo ha sido tomado de la experimentación realizada en la ATT21 con tres estudiantes, en cuatro lecciones de clase. Se ha realizado una

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

propuesta de trabajo adaptada el modelo, que incluye un sustento teórico para la transformación desde las diez emociones disponibles en EMODIANA en estado emocional de positivo, neutral o negativo. Aunque no se muestra en el documento se ha procedido a digitalizar los datos disponibles en papel, y con estos datos aplicar el modelo matemático ponderado expuesto, desde el cual ha sido posible establecer si en un espacio de tiempo (ventana de 20 seg) el estado emocional del individuo era positivo, neutro o negativo. Además se ha discriminado los datos dividiendo a la lección en pasos (correspondientes a una lámina mostrada al estudiante) para establecer como se sintió en ese momento específico, resultando en el caso mostrado en la mayoría de pasos un sentir negativo. Este resultado es importante considerar ya que se trata de la estudiante con mayor resiliencia al trabajo con la plataforma de interacción gestual. De forma general durante esta lección ha sido mayor el estado emocional negativo, superando el 52% del tiempo total de la lección; el estado emocional positivo es del 39% del tiempo total, y el restante 9% en un estado de equilibrio.

Esta ampliación al análisis visible del instrumento de evaluación emocional EMODIANA, permite al investigador conocer desde una métrica complementaria y resumida el sentir del estudiante en la línea del tiempo, por recurso de interacción, en una lección específica y se requiere incluso realizar un análisis comparativo entre poblaciones. Para este caso no se aplicó la segunda fase del modelo de UAX-DS, ya que no se validaron algoritmos de predicción que requieran una comparativa respecto de su matriz de confusión en los resultados obtenidos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.3. CORPUS DE EMOCIONES EN VIDEOS DE PERSONAS CON SÍNDROME DE DOWN EN AULA DE CLASE

#### 6.3.1. Resumen

Se propone la creación de un corpus de datos de emociones relacionadas a video y texto, validado con procedimientos estadísticos que permitan su uso posterior por la comunidad científica. Se ha realizado la toma de datos desde 20 videos grabados durante la interacción gestual con la plataforma Tango:H. Para las emociones en video se realiza la observación de tres anotadores siguiendo el esquema de emociones de EMODIANA, en ventanas de tiempo de 20 segundos; la validación se realiza aplicando Kappa de Fleiss, teniendo como resultado 19 de 20 videos con índice superior a 0,4. Para las emociones en texto se realiza la transcripción a texto y valoración subjetiva emociones por parte de dos anotadores; el resultado se encuentra validado por usuario aplicando Kappa de Kohen, obteniendo en todos los casos valores superiores a 0,6. El resultado son 1360 frases etiquetadas con emociones positivas o negativas disponibles para estudio posterior, y como insumo para entrenamiento de algoritmos de reconocimiento de emociones.

#### 6.3.2. Introducción

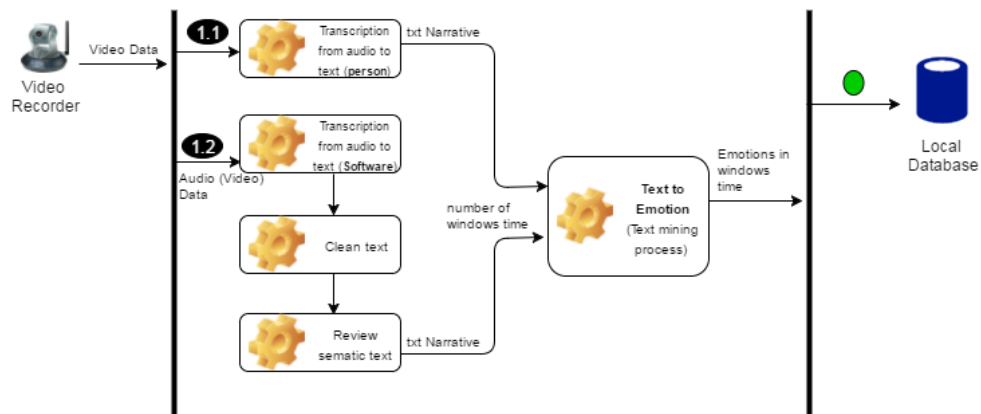
Una solución inteligente que responda a las necesidades personalizadas del usuario, requiere de datos que permitan el entrenamiento de los algoritmos base desde los cuales en posterior irán dando respuesta al usuario, a través de un proceso incremental que mejora conforme se interactúa con el sistema. En una propuesta para que la plataforma de interacción gestual Tango:H disponga de una solución que le permita ser sensible hacia el estado emocional del usuario, estos datos son necesarios. Por tanto se ha propuesto desde un proceso sistemático de captura de datos durante la interacción con usuarios del mismo, obtener estos datos teniendo como insumo principal la grabación de toda la interacción en

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



video, y desde esta la aplicación de herramientas de observación y análisis, tanto de valoración objetiva como subjetiva.

El proceso requiere la valoración de las emociones existentes en el video con la ayuda de observadores/anotadores que de forma sistemática realicen todo este proceso. Se requiere una valoración específica tanto de la secuencia del video, como de la narrativa y expresiones a través del diálogo que efectúa el usuario, lo cual se consigue con el análisis en texto de este diálogo.



**Figura 42.** Proceso para paso de video a emociones en texto

El paso desde el audio del video a texto se puede hacer de forma manual, a través de la observación del video y transcripción a texto por parte del observador; o de forma automática con la ayuda de software. En el primer caso el trabajo es directo, transcribiendo solamente la intervención del usuario y omitiendo de forma directa las intervenciones de terceros actores, como el docente, técnico y otros que se pueden presentar. En el segundo caso es necesario realizar luego un proceso de limpieza, eliminando el texto que no corresponde al usuario, y revisando que la estructura semántica sea correcta. En ambos casos debemos tener como resultado intermedio un archivo de texto plano con la narrativa

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

de intervención del usuario, separada en bloques de tiempo que permita conocer la variación del estado emocional durante la interacción. Las ventanas de tiempo para el texto deben permitir establecer al menos tres momentos de la interacción, por lo tanto el tiempo será variable entre uno y otro video.

Para el reconocimiento de emociones desde texto existen varias metodologías probadas y validadas desde la minería de texto (A Bandhakavi, Wiratunga, Massie, & Padmanabhan, 2017; Anil Bandhakavi, Wiratunga, Padmanabhan, & Massie, 2016; Perikos & Hatzilygeroudis, 2016; Shivhare & Saritha, 2014). El análisis del sentimiento se puede dividir en dos tipos principales de enfoques: los enfoques basados en el conocimiento y los enfoques de aprendizaje automático, ampliamente utilizados para el reconocimiento automático de las emociones en el texto. Uno de los primeros recursos de análisis de texto computarizado fue desarrollado por IBM y estaba formado por 11,788 palabras con 182 categorías etiquetadas (Stone, Dunphy, & Smith, 1966). La más popular y utilizada base de datos para el trabajo con emociones en texto es *WordNet Affect* (Strapparava & Valitutti, 2004) que se basa en la base de datos WordNet; esta incluye un subconjunto de etiquetas sintetizadas y adecuadas para representar conceptos afectivos correlacionados con palabras afectivas. Los datos que considera WordNet es amplia, y se dividen en emoción, humor, rasgo, estado cognitivo, estado físico, señal hedónica, situaciones que desencadenan emociones, respuestas emocionales, comportamiento, actitud y sensación. Es sin duda una gran herramienta, y la propuesta no alcanza la cobertura de *WordNet Affect*, sin embargo la singularidad nuestra se centra en la población y el espacio específico desde el cual se genera la emoción. Otra base de datos ampliamente usada es SentiWordNet 3.0, que también está basado en WordNet, e incluye alrededor de 200.000 entradas, utilizando un método semi-supervisado para asignar cada palabra con resultados positivos, negativos y objetivos (Baccianella, Esuli, & Sebastiani, 2010).

Los aportes desde propuestas de IA son numerosos. La propuesta de Perikos (Perikos & Hatzilygeroudis, 2016) que diseñó un clasificador basado en la noción de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

conocimiento basado en combinaciones y métodos de clasificación desde aprendizaje automático. Desde la asociación de palabras con categorías de emociones Bandhavi propone *Domain Specific Emotion Lexicon* (DSEL) para extracción de características de emociones; se logra mejorar la calidad de relación hacia las emociones (A Bandhakavi et al., 2017; Anil Bandhakavi et al., 2016); el conocimiento externo para la extracción de características está formado por GPELs (General Purpose Emotion Lexicons), léxicos del sentimiento de pre-aprendizaje (SenticNet) y el etiquetado de Part-of-Speech (POS); en este caso se aplican estos parámetros a los documentos de entrenamiento, para obtener un Algoritmo SVM Multiclass, y luego para probar documentos para obtener un propio clasificador de emociones.

### 6.3.3. Metodología

#### 6.3.3.1. Objetivo

Identificar los patrones de comportamiento mediante procesos estadísticos que aseguren la obtención del fichero de entrenamiento valido para minería de datos.

#### 6.3.3.2. Herramientas

Se menciona las herramientas de apoyo en todo el proceso, algunas de las cuales ya han sido detalladas en otros espacios de este informe.

- **Tango:H**

Es el entorno de interacción desde el cual se estimula al estudiante con recursos didácticos diseñados de forma personalizada para cada estudiante.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

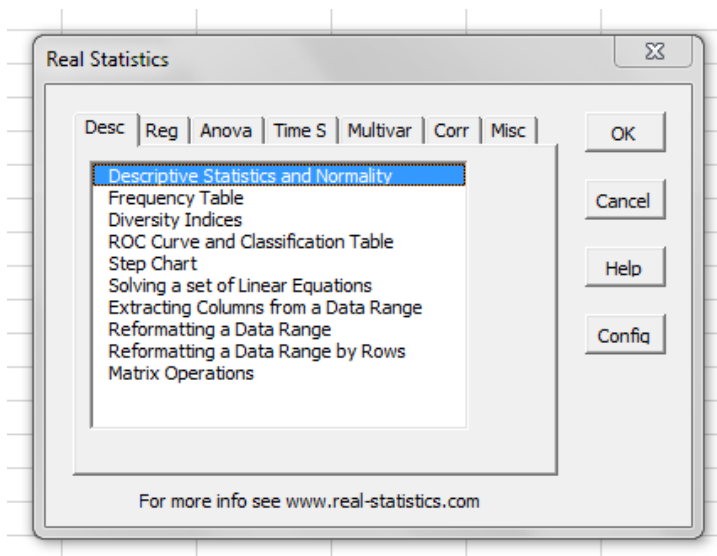
- **Instrumento observacional EMODIANA**

Ha sido el recurso con el cual los observadores han ido discriminando la(s) emoción(es) de cada ventana de video o frase de texto.

- **Microsoft Excel Pro**

Es la herramienta informática para la toma de datos, organización, limpieza y validación de los corpus, tanto del índice kappa de Kohen, como Kappa de Fleiss.

- **Complemento (add in) Real Statistic**



**Figura 43.** Complemento Real Statistics para Microsoft Excel

Este complemento ha sido diseñado para adaptarse a Microsoft Excel, desarrollado por el Profesor en matemática Charles Zaiontz de *University of South Florida*. En palabras de su autor es una guía práctica sobre cómo realizar análisis estadísticos en Excel además de software estadístico gratuito que extiende las capacidades estadísticas integradas de Excel para que pueda realizar más fácilmente una amplia variedad de análisis estadísticos

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

en Excel. Dispone entre otros paquetes el necesario para calcular los índices Kappa de Kohen y de Fleiss. Es de libre descarga desde la página de su desarrollador, donde se incluyen además tutoriales, ejemplos, casos de estudio, una bitácora de historial de versiones, entre otros(Zaiontz, 2015).

- YouTube

Esta red social ha servido como repositorio de todos los videos grabados de la interacción. Las características de su gestor de videos para la revisión y edición en línea, han hecho que no sea necesario utilizar otra herramienta para el análisis de los videos. Ha permitido además el acceso limitado a los videos que corresponden a cada observador/anotador en el momento determinado.

### 6.3.3.3. Modelos matemáticos y estadísticos

En el estudio se han requerido de forma general dos modelos estadísticos, ampliamente usados para coeficientes de concordancia entre codificadores y categorías

#### 6.3.3.3.1. Índice Kappa de Cohen

El índice de kappa propuesto por Cohen (1960) permite medir la proporción de concordancia observada por dos jueces/examinadores entre variables categoriales, de mutua exclusión al momento de la selección. Cohen introdujo el índice kappa para determinar si el grado de acuerdo entre los dos evaluadores es mayor de lo que habría de esperar por puro azar. Para hacer un análisis del índice kappa tiene que cumplir con los principios de que las pruebas objeto de evaluación sean independientes entre sí, que las categorías de clasificación son independientes y mutuamente excluyentes y que los dos examinadores operen de forma independiente.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

		EVAL2		
		Positivo	Negativo	Total
EVAL1	Positivo	$n_{11}$	$n_{12}$	$A_1$
	Negativo	$n_{21}$	$n_{22}$	$A_2$
	Total	$B_1$	$B_2$	$N$

**Tabla 17.** Tabla de Frecuencias o de Contingencias de Doble entrada

Fuente: Adaptación desde (Cohen, 1960)

Como se observa en la *Tabla 18*, se tienen dos evaluadores que calificaron en las categorías: positivo o negativo, un determinado recurso. Las celdas de coincidencia entre los evaluadores se encuentran en la diagonal principal de la matriz, y en la diagonal secundaria en los casos que no hay coincidencia. Según lo anterior se toman en cuenta algunos factores como la probabilidad de acuerdo observado relativo entre observadores, y la probabilidad hipotética de acuerdo por azar. Desde estas variables se propuso la ecuación básica de Cohen.

**Ecuación 6.** Índice de kappa de Cohen

$$kappa = \frac{\sum P_o - \sum P_e}{1 - \sum P_e}$$

donde:

**Ecuación 7.** Proporción de acuerdos observados

$$P_o = \sum_{i=1}^k \frac{P_{ij}}{N}$$

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Ecuación 8.** Proporción de acuerdos por azar

$$Pe = \sum_{i=1}^k \frac{P_{i+} * P_{j+}}{N^2}$$

Este autor representa los resultados como *Pobres* (sin acuerdo) cuando el el valor de k es 0.00; y va creciendo de forma continua (+0,20) hasta llegar a *muy bueno* (0,81 – 1.00), siendo 1 el valor de exactitud plena, o concordancia total se muestra en la Tabla siguiente.

VALOR DE K	FUERZA DE CONCORDANCIA
0,0	Sin acuerdo
0,01 – 0,20	Insignificante
0,21 – 0,40	Bajo
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Bueno
0,81 – 1,00	Muy Bueno

**Tabla 18.** Valores para interpretación de índice kappa de Cohen

Este estadístico es usado en el estudio para la valoración de los textos examinados por dos anotadores.

#### 6.3.3.3.2. Índice de Kappa de Fleiss

Joshep Fleiss en 1971 propone una generalización del estadístico kappa de Cohen, como una medida estadística para evaluar la confiabilidad del acuerdo entre un número fijo de evaluadores al asignar calificaciones categóricas a un número de ítems o clasificar ítems. Para Fleiss cada uno de los ítems (recursos) son examinados por (n > 2)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

observadores/anotadores de forma independiente en una de las ( $k$ ) categorías. Las categorías son nominales mutuamente excluyentes y exhaustivas (Fleiss, 1971).

Este autor representa como Regulares los índices que van entre (0.40 a 0.60), Buenos de (0.61 a 0.75) y Excelentes mayores de (0.75).

VALOR DE K	FUERZA DE CONCORDANCIA
0,4 – 0,6	Regular
0,61 - 0,75	Buena
> 0,75	Excelente

**Tabla 19.** Valores para interpretación de índice kappa de Fleiss

La tabla de contingencia de Fleiss tendrá tantas columnas como categorías tenga la variable o recurso a evaluar; en nuestro caso de trata de una variable categorial de diez emociones disponibles en EMODIANA. La cantidad de filas corresponderá al número de sujetos o recursos a examinar. La ecuación base para este cálculo es la que se muestra a continuación:

**Ecuación 9.** Índice Kappa de Fleiss

$$k = \frac{\sum_{j=1}^k p_j q_j k_j}{\sum_{j=1}^k p_j q_j}$$

En nuestro caso se hace uso de este estadístico para realizar la validación de las observaciones de emociones realizadas por tres anotadores, en una categoría de diez emociones desde EMODIANA, y sobre el recurso de las ventanas de videos de 20 segundos.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



#### 6.3.3.4. Procedimiento General

Como se ha mencionado, desde los datos disponibles en video se han propuesto dos fuentes de datos resultantes: emociones en secciones de video y emociones en frases de texto. Por tanto se expondrá en primer momento el procedimiento general y en posterior un detalle del método los dos tipos de datos.

El procedimiento para la toma de datos de este instrumento se realizó durante las lecciones de clase, como actividades académicas con apoyo en dispositivo de interacción gestual con Tango:H. El detalle de la muestra poblacional para este estudio se detalla en el capítulo IV (ver sección 4.1.4), siendo para nuestro caso seis estudiantes con SD distribuidos de forma equitativa en dos grupos de estudio (GC y GE). La interacción ha sido guardada en video, el cual es el insumo base desde el cual se obtiene los datos. Para el caso de validación nuestro se ha considerado únicamente GE.

Si partimos del hecho que los datos ya están disponibles en los archivos grabados y etiquetados en videos, el proceso para llegar hasta la validación del corpus de emociones, de forma general está compuesta por cuatro fases que se exponen en la siguiente figura:



**Figura 44.** Fases generales para elaborar corpus de emociones

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.3.3.5. Validación Corpus desde texto

#### 6.3.3.5.1. Evaluación subjetiva de cada video

Para el proceso de anotación se sigue las especificaciones de Alm et al. (Alm, Roth, & Sproat, 2005): Los anotadores trabajan en parejas en las mismas historias, llenando el formato de documento de Excel con frases de texto, las emociones de Ekman (Ekman, 1999) así como la intensidad de la emoción. Ellos han sido entrenados por separado y trabajan de forma independiente para evitar cualquier sesgo de anotación. En nuestro caso se dispone para la validación de texto de dos anotadores

- A1 - Externo (estudiante universidad UTPL)
- A2 - Externo (estudiante universidad UTPL)

La validación de texto propuesta se basa en la comparativa de las anotaciones realizadas entre dos observadores sobre la transcripción en texto del diálogo realizado entre el estudiante (interactuante) con el docente y técnico de apoyo. El paso previo por tanto es la transcripción que se realiza de forma manual desde la visualización del video usando un formato estándar en una hoja electrónica. Los datos observados involucran el tiempo de la acción, el actor (quien emite el diálogo), el texto del diálogo, en caso de estar acompañado de gestos indicar cuales y en qué grado, y discriminar en la emoción que les resulta visible para este texto. Por tanto la evaluación no es sobre el texto en sí, sino sobre el estado emocional del individuo durante la pronunciación de este texto. Como se puede observar, las emociones posibles a marcar por el anotador son las diez correspondientes a la EMODIANA.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1				Gestos					Emociones										
		Actor	Texto	Miños	Brazos	Cabeza	Piernas	Rostro	Torso	Alegría	Satisfacción	Verguenza	Tristeza	Aburrimiento	Seriedad	Nerviosismo	Supresa	Miedo	Cariño
2	Tiempo																		
3	0:00:01	Pablo	Eso muy bien david empezamos son los mismos que trabajamos el otro año recuerdas	4	4	3	0	2	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	0:00:05	Estudiante	si	3	5	3		2											
5	0:00:06	Pablo	ya esta es lo que vamos haber ahora nuevo	3	4			2											
6	0:00:09	Profesora	vale te lo pongo David preparado	2	4	4		3	3						4				
7	0:00:13	Estudiante	espere	3	3	4		2	4						3				
8	0:00:15	Profesora	que te diga pablo no	2	3														3
9	0:00:16	Estudiante	si	2	3	2		2							3				
10	0:00:16	Pablo	el sabe	3	4	3		2	4										
11	0:00:19	Profesora	el es el que manda entonces ahora	4	5	4		2	3										3
12	0:00:20	Estudiante	si	2	4	3		2							3				
13	0:00:22	Profesora	como que si a qui quien manda soy sabes tu	5	5	4	3	4	5										
14	0:00:35	Profesora	tu lo que quieres es salir guapo pal video no	5	3	2		2	2										4
15	0:00:39	Estudiante	si	2	2			2	2	4									

Tabla 20. Formato de toma de datos en texto desde video

Para tener acceso al video, se lo hace desde la cuenta de YouTube de cada anotador, a la cual se le ha dado acceso temporal a cada video que está trabajando, previa firma de confidencialidad y protección de datos de quienes son parte de cada interacción.

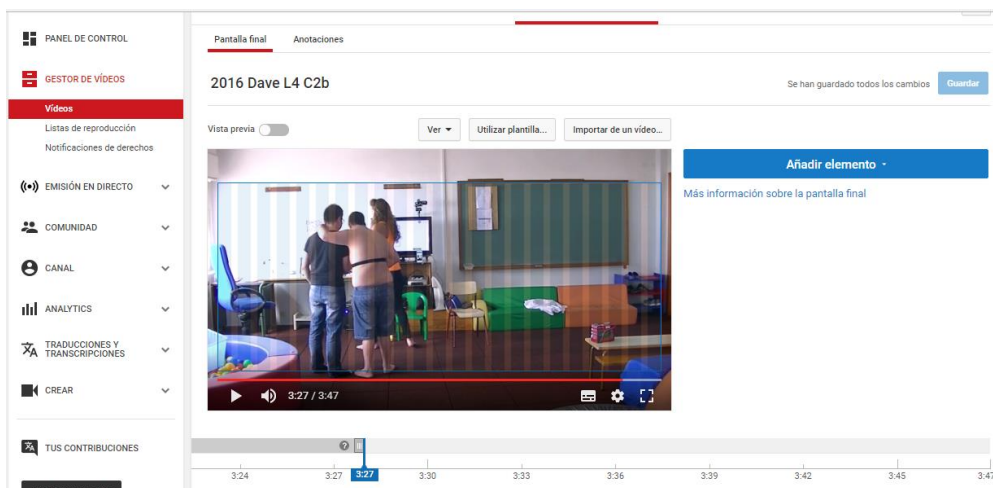


Figura 45. Pantalla de observación de video en YouTube

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.3.3.5.2. Establecer ventanas temporales

Para el caso las ventanas temporales corresponden a cada frase que ha ido pronunciando el *Estudiante*, etiquetado inicialmente como GE1, GE2, GE3. Cada archivo de video es etiquetado según el número del video, la etiqueta del estudiante y el número de anotador:

[Número de video] [Número de anotador] [Etiqueta de Estudiante]

Así:

*VI\_GE1\_A2*, que corresponde a video 1, del estudiante E1 que pertenece al grupo experimental, según el criterio del anotador 2.

### 6.3.3.5.3. Elaborar corpus de emociones

Como en todo proceso de minería de datos, siguiendo la metodología CRISP-DM, en la fase 3 (Preparación de Datos) se procede con un conjunto de etapas: Seleccionar los Datos (Relaciones para Inclusión/Exclusión), Limpiar los datos, construir una estructura nueva de datos, integrar los datos y finalmente dar formato a los datos (reformatear los datos y su descripción) (P. Chapman et al., 2000). Luego de este proceso se dispone de datos limpios (sin pronombres, números, símbolos, signos de puntuación, etc.). La información es ya finalmente organizada en emociones del usuario agrupadas por ventanas de tiempo, que permiten visualizar la variación del estado emocional en los diversos momentos de la interacción.

El proceso de limpieza se lo puede hacer desde diversas herramientas, siendo en nuestro caso la más factible Microsoft Excel, por la cantidad reducida de datos y la

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

disposición de herramientas para ordenar, buscar, eliminar, etc., quedando finalmente archivos reducidos a la dupla vectorial [Frase, Emoción]. La emoción para el tratamiento de texto es (Positiva, Neutral, Negativa), y para realizar el paso desde las categorías emocionales de EMODIANA, se sigue el proceso explicado en este capítulo, en la sección 6.2.

Texto	Emoción
¡marrones! Tu eres como un dulce de membrillo	P
¿Cuál sera?	P
¿Es tuyo?	P
¿La marca cual es?	P
¿negros?	P
¿Un Samsung o que?	P
¿Y el tuyo como es? ¿el tuyo cual es? ¿un samsung?	N
¿y tu?	P
uno nomas	P
A mi ponme y a Pablo tambien conmigo	P
Aaa... no es tuya	P
Aaa... Vale vale	P
Aaah...	P

**Figura 46.** Tupla Frase – Emoción resultante

#### 6.3.3.5.4. Validar corpus

La validación se realiza desde el estadístico *Kappa de Cohen*, agrupando los textos en grupos por estudiantes para facilitar el análisis, teniendo por tanto tres grandes grupos de datos. La herramienta utilizada es *Real Statistic* que es un complemento de Excel. Se hace uso de tablas dinámicas en Excel para facilitar la relación entre frases y observadores.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Frase	0	N	P	(en blanco)	Total general
0	36	2			38
N	14	230	4		248
P	1	126			127
(en blanco)					
<b>Total general</b>	<b>51</b>	<b>232</b>	<b>130</b>		<b>413</b>

**Figura 47.** Matriz de Concordancia de Kappa de Cohen – MS Excel

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla siguiente

Usuario	Nro. videos	Nro. Lecciones	Tiempo	Nro. frases	Cohen's Kappa				
					alpha	lower	upper	std err	kappa
GE1	7	4	1:37:07	387	0,05	0,87047849	0,946130908	0,019299441	<b>0,908304699</b>
GE2	5	4	1:43:30	416	0,05	0,49433653	0,709179414	0,054807864	<b>0,601757974</b>
GE3	8	5	2:23:39	557	0,05	0,85569937	0,065001077	0,943900562	<b>0,899799964</b>
	20	13	5:44:16	1360					

**Tabla 21.** Resultados de validación de Corpus de texto - Kappa de Cohen

Como se observa, los resultados de la observación en todos los casos es alta, manteniéndose en los rangos de bueno (GE2) y muy bueno (GE1 y GE3). Por tanto los criterios de observación de este recurso son estadísticamente válidos y fiables, y están listos para su uso. Datos importantes también a tener en cuenta sobre los valores totales: se disponen de 1360 frases etiquetadas, producto de la observación de videos con un tiempo total de 5:44:16.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.3.3.6. Corpus de video

#### 6.3.3.6.1. Evaluación subjetiva de cada video

Este proceso coincide con el expuesto en el apartado anterior de corpus de texto en la mayoría de aspectos, teniendo en cuenta que se sigue el mismo protocolo de interacción, y la fuente de datos son los mismos videos. Cambia si, que en este caso tenemos tres anotadores/observadores:

- A1 - Experto (docente)
- A2 - Técnico de apoyo
- A3 - Externo (estudiante universidad UTPL)

#### 6.3.3.6.2. Establecer ventanas temporales

Para facilitar el análisis se establecen ventanas temporales ( $t=20\text{ seg}$ ). El observador separa va realizando una valoración subjetiva del estudiante y discrimina la emoción dominante desde las diez existentes en EMODIANA. La emoción se toma cada segundo y se va ubicando en un arreglo que  $T[20]$  por cada ventana, identificando cada posición con el subíndice correspondiente ( $T_1, T_2 \dots T_{20}$ ), esto facilitará en su momento la relación de la emoción con imágenes correspondientes en procesos de minería y computación afectiva (Gomez Bermeo, 2017). El concepto de ventana, permite facilitar el análisis desde el estadístico de clasificación, como es el índice de Kappa de Fleiss.

#### 6.3.3.6.3. Elaborar corpus de emociones

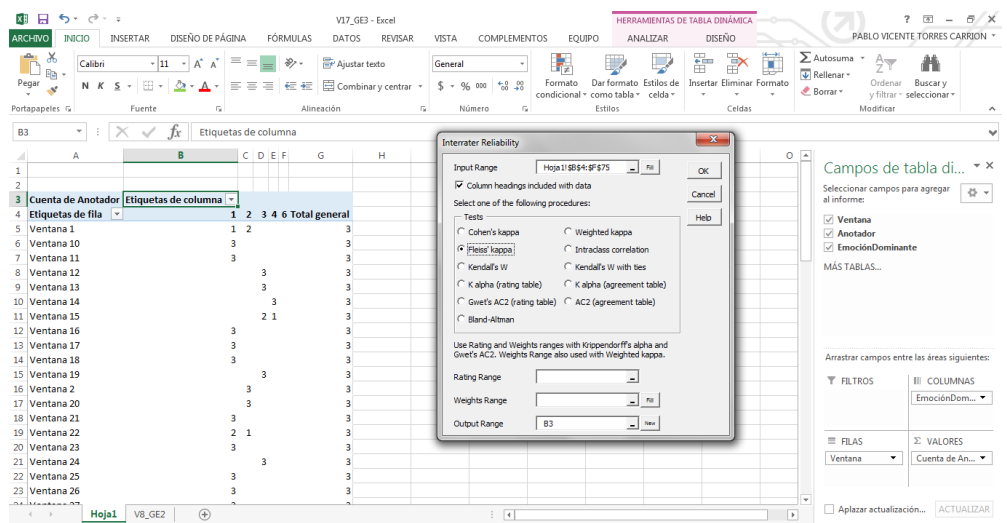
El corpus de emociones sigue los patrones expuestos en numeral anterior. Se dispone de un documento por cada video, en donde cada fila corresponde a una

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

identificación de ventana, y se disponen de 20 columnas (T1-T20) en donde se ha ido ubicando la emoción dominante en ese espacio específico de tiempo.

#### 6.3.3.6.4. Validar corpus

Para la validación se han considerado trabajar con hoja electrónica Excel y el complemento *Real Statistic*, que entre uno de sus índices dispone Kappa de Fleiss. Con la ayuda de tablas dinámicas se establece la matriz de relación, desde la cual se envía como parámetro de entrada a la función programa de kappa de Fleiss.



**Figura 48.** Matriz de relación para Kappa de Fleiss

Luego de la aplicación de repetir este proceso por cada video, se obtiene los datos que se resumen en la Tabla siguiente. Cabe destacar que solamente uno de los resultados está fuera de los parámetros establecidos no considerados como válidos por Fleiss. De los restantes, decir que diez están dentro de rango de *Excelente*, siete de *Bueno* y dos de *Regular*.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Id Video	Tiempo	Nro Vent.	Fleiss's Kappa				
			alpha	tails	s.e.	z-stat	kappa
V1_GE1	0:07:31	24	0,05	2	0,066747158	11,60746624	0,774765381
V2_GE1	0:23:09	71	0,05	2	0,043976842	16,77952842	0,737910668
V3_GE1	0:10:09	32	0,05	2	0,065001077	10,32263638	0,670982483
V4_GE1	0:03:56	13	0,05	2	0,113208521	4,219457766	0,477678571
V5_GE1	0:17:16	53	0,05	2	0,058289161	10,17072579	0,592843073
V6_GE1	0:18:46	58	0,05	2	0,049434936	14,79741185	0,731509104
V7_GE1	0:16:20	50	0,05	2	0,049117621	13,01448419	0,639240506
V8_GE2	0:23:09	71	0,05	2	0,047925893	16,36074647	0,784103387
V9_GE2	0:21:59	66	0,05	2	0,046584178	18,52508334	0,862975779
V10_GE2	0:23:09	71	0,05	2	0,045967018	18,88400558	0,86804142
V11_GE2	0:15:51	49	0,05	2	0,052796494	15,36189085	0,811053985
V12_GE2	0:19:22	60	0,05	2	0,05717492	13,59385755	0,777227723
V13_GE3	0:23:08	50	0,05	2	0,053668651	15,23476287	0,817629179
V14_GE3	0:08:03	26	0,05	2	0,068516321	11,48633832	0,787001638
V15_GE3	0:23:09	71	0,05	2	0,04849755	19,3720857	0,939498704
V16_GE3	0:22:22	69	0,05	2	0,048633675	18,99878836	0,923980903
V17_GE3	0:23:09	71	0,05	2	0,045857942	15,0450225	0,689933765
V18_GE3	0:17:46	55	0,05	2	0,051641922	14,30393809	0,738682856
V19_GE3	0:22:15	68	0,05	2	0,048017639	12,65745374	0,607781045
V20_GE3	0:03:47	13	0,05	2	0,102137759	3,596773781	0,367366412

<i>Excelente</i>	10
<i>Bueno</i>	7
<i>Regular</i>	2
<i>Fuera de rango</i>	1

**Tabla 22.** Resultado de Kappa de Fleiss

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### 6.3.4. Conclusiones

Luego de haber planificado la intervención y grabación de los estudiantes en espacios de interacción gestual, se ha obtenido como uno de los datos resultantes, la grabación en video de cada una de las sesiones. Esta información base fue guardada de forma organizada y etiquetada en YouTube, para garantizar su disponibilidad; los datos tienen acceso limitado solamente a personal que ha participado en la investigación, y de forma temporal la tuvieron todos los anotadores, tanto para la transcripción y examinación de texto, como para la determinación de emociones en video.

El proceso de limpieza y organización de datos permitió en se cumpla con este trabajo colaborativo entre varios actores. Es un trabajo que desde la toma de datos hasta la conclusión con los resultados de validación ha requerido de aproximadamente un año de trabajo a tiempo parcial. En el primer caso se ha obtenido un corpus organizado por usuario (GE1, GE2, GE3), de todas las frases, y otros para las emociones positivas y negativas. En el segundo caso se dispone de los videos (aún en nivel de acceso privado) y la tabla de emociones por cada video en los espacios de tiempo ( $V=20\text{seg}$ ;  $t=1\text{seg}$ ,  $V[20]=\{T1...T20\}$ ).

Los estadísticos que permitieron la validación de este corpus han sido los índices kappa de Cohen y de Fleiss; el primero para la valoración entre dos anotadores en la transcripción de texto, y el segundo para la validación entre tres anotadores (experto, técnico, y externo) sobre emociones en ventanas de video. Los resultados son muy buenos, teniendo en el primer caso todas las comparativas con índices superiores a 0,6 que equivalen a buenos y muy buenos. Y en el segundo caso solamente uno ha tenido como resultado  $k < 0,4$ ; los restantes son diez como excelente, siete como bueno y dos como regular.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## 6.4. VALIDACIÓN DE UAX-DS DESDE EMOCIONES EN FORMATO DE TEXTO

### 6.4.1. Resumen

Validar UAX-DS desde texto es una tarea que requiere de tareas referentes a minería de texto y PLN. Es mucho el trabajo existente en esta área, y el trabajo planteado refiere específicamente al caso de experimentación en aula de clase experimental. Los datos se han obtenido mediante transcripción de video, y se realiza la validación de UAX-DS siguiendo el método propuesto en la sección 6.1. Para la validación uno de los test se realiza desde el corpus de emociones en texto obtenido previamente y las restantes siguiendo prácticas desde minería de datos disponibles en bitácoras y estudios científicos divulgados.

### 6.4.2. Introducción

El análisis de emociones desde texto trata de clasificar la información en función de la polaridad de los mensajes que se obtenga en el corpus o datos de origen. Esta área que combina PLN y minería de textos incluye una gran cantidad de tareas que son comunes a metodologías como KDD o CRISP-DM que hemos detallado en la primera sección de este capítulo. Entre las aplicaciones más importantes en esta área están: determinar es estado emocional desde nivel de documento, frase o característica, y determinar si un documento contiene suficiente contenido para estimar estados emocionales (Martínez Cámara, Valdivia, Teresa, Perea Ortega, & Ureña López, 2011). Según (Fakhraie, 2011) el análisis de sentimiento tiene dos sub tareas definidas: como la detección de sentimiento y clasificación de sentimiento. La detección del sentimiento, permite clasificar elementos del texto en documentos que expresan opiniones contra aquellos que expresan estados (actuales) objetivas de contenidos. La clasificación de sentimiento, tiende a descubrir si un elemento de texto tiene la opinión positiva o negativa de una cierta entidad o acontecimiento.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Las principales técnicas empleadas para el reconocimiento automático de emociones en texto y en video son (Pang, Lee, & Vaithyanathan, 2002).

- Técnicas Supervisadas de Clasificación. Los más comunes y utilizados son: Support Vector Machines (SVM), clasificador Naive Bayes, Redes Bayesianas Multinomial, Redes de Bernoulli, Redes Gaussianas entre otros. Varios estudios han demostrado que las técnicas supervisadas superan a las técnicas no supervisadas en el rendimiento, sin embargo requieren de asistencia continua de un experto.
- Técnicas no Supervisadas. En este caso la clasificación es creada por una función que compara los rasgos de un texto dado en contra de palabras léxicas reservadas cuya polaridad son determinados antes de su uso.

Existen dos etapas básicas en el diseño de un clasificador: la fase de entrenamiento y la fase de validación. En la fase de entrenamiento se emplea los datos muestras llamados en este contexto muestra de entrenamiento. Una vez que se dispone de una regla de clasificación que asigna los objetos a las emociones, se continúa a la fase de validación, en esta fase el clasificador obtenido en la fase de entrenamiento es empleado para clasificar las observaciones pertenecientes a la muestra de validación (Siemens & Baker, 2012).

En el ámbito de la web semántica, es mucho lo recorrido para el análisis de sentimientos durante la interacción en la web por parte de los usuarios. En trabajo conjunto realizado con Aras (Arias et al., 2015) se propone la metodología SHEO (Sentimental Human Emotion Ontology) que utiliza estructuras semánticas con el fin de identificar las emociones complejas sobre la base de las emociones simples. Fue diseñada para conceptualizar las emociones simples, combinarlas y trabajar con los axiomas y reglas que infieren en las emociones complejas. Se toma como punto de partida las emociones básicas

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

que puedan ser reconocidas por algoritmos de señales o imágenes multisensoriales procedentes de sensores o de un software que identifique emociones, es por ello que la arquitectura que siguen también permite la identificación de emociones de diferentes fuentes, por ejemplo vídeo y texto.

Desde la perspectiva de minería de opinión (Vilares David & Alonso Miguel, 2013), se plantean tareas relativas también a la polaridad de positivas o negativas, presentando dos enfoques: el primero a partir de un conjunto de entrenamiento, los textos son anotados con su polaridad y se construye un clasificador mediante aprendizaje automático; el segundo enfoque se apoya en la orientación semántica de las palabras, donde cada término que expresa opinión es anotado con un valor que representa su polaridad (Pang, B. et al., 2002).

El análisis del sentimiento se puede dividir en dos tipos principales de enfoques: los enfoques basados en el conocimiento y los enfoques de aprendizaje automático, ampliamente utilizados para el reconocimiento automático de las emociones en el texto. (Stone et al., 1966). En este ámbito Levallois (2013) propone desarrollar un motor de detección diseñado para sentimientos positivo, negativo o neutro en tweets, como partes principales consta de la detección de rasgos semánticos del tweet (emoticones y onomatopeyas), evaluación de hashtags, una lista de n-gramas de la descomposición de los tweets, así mismo una ortografía variada, las exclamaciones más comunes para capturar la variedad de formas que pueden asumir.

En nuestro caso, para los fines de UAX-DS, los fines iniciales son de conocimiento; sin embargo al tener como horizonte a corto plazo la sensibilización de emociones y personalización complementaria de recursos en la plataforma Tango:H, el enfoque de aprendizaje automático será también usado, y se aplicará en el capítulo siguiente. En esta sección de UAX-DS nos enfocaremos en conocer y validar es estado emocional del estudiante como un insumo de validación de la interacción, la plataforma y los recursos de interacción diseñados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### 6.4.3. Método

Se aplica en método expuesto en este capítulo en la sección 6.1 (Experiencia Afectiva de Usuario: Modelo multimodal desde aula de clase con Plataforma de Interacción Gestual). El procedimiento para la toma de datos de este instrumento se realizó durante las lecciones de clase, como actividades académicas con apoyo en dispositivo de interacción gestual con Tango:H. El detalle de la muestra poblacional para este estudio se detalla en el capítulo IV (ver sección 4.1.4), siendo para nuestro caso tres estudiantes con SD del grupo de investigación experimental (GE).

#### 6.4.3.1. Objetivo

Realizar un modelo de predicción de emoción desde texto basado en los datos obtenidos, al disponer de sentencias de texto con un sentimiento asociado, se toma todos los datos y se divide para tener datos de prueba y datos de predicción.

#### 6.4.3.2. Fase de Recolección de Datos

Los datos serán tomados del corpus generado en la sección 6.3.

##### 6.4.3.2.1. Momento de Interacción

El detalle de la muestra poblacional para este estudio se detalla en el capítulo IV (ver sección 4.1.4), siendo para nuestro caso seis estudiantes con SD distribuidos de forma equitativa en dos grupos de estudio (GC y GE), de los cuáles para nuestro fin se han tomado solamente GE. La interacción ha sido guardada en video, el cual es el insumo base desde el cual se obtiene los datos (transcripción de texto y reconocimiento subjetivo de emociones por anotadores – ver sección 6.3.3)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

#### 6.4.3.2.2. Momento de Pre-Procesamiento

Según método propuesto de UAX-DS, seguiremos utilizando el procesamiento expuesto en el método CRISP-DM, y adaptado en el modelo compartido en el inicio del capítulo.

##### a) Comprensión del Negocio

Se parte ya de un corpus con emociones etiquetadas y que ha sido validado como se detalla en la sección 4.3.3. Se pretende demostrar desde el modelo de UAX-DS planteado como trabajar y adaptar el análisis de emociones en un entorno de interacción gestual, desde este insumo de datos. Para esto se aplicarán varias formas comunes de obtención de emociones desde texto, tanto desde las frases entrenadas como de las frases en su estado inicial.

##### b) Comprensión de Datos

Los datos se encuentran en formato texto dentro del corpus en un arreglo bidimensional {frase, emoción}. También se dispone de los datos en estado original, sin ninguna clasificación. Los datos son fiables en tanto que en los dos casos se siguen protocolos y técnicas para la transcripción; así como para la elaboración del corpus de emociones en texto. Las interacciones en las que participaron los estudiantes con SD fueron transcritas y analizadas teniendo como referencia las orientaciones de Pietrosemoli (2007) para el análisis de conversaciones en poblaciones especiales, en donde la intensidad del análisis no estuvo dirigida al estudio estricto de la coherencia y cohesión de los textos conversacionales

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

### c) Preparación de Datos



**Figura 49.** Proceso de clasificación de texto

Fuente: Referenciado desde (Narvárez Ríos, 2016)

El proceso de preparación de Datos inicia con la clasificación de texto (ver Figura 51). En nuestro caso has fases que ya las tenemos realizadas al tener un corpus categorizado. Así que partiremos de la carga de datos, y desde esta a los algoritmos de aprendizaje.

### d) Modelado

La clasificación se la puede realizar mediante categorización o clustering, en el primer caso se habla de clasificación supervisada, mientras que en segundo se utiliza el concepto de aprendizaje no supervisado. Como estrategia para el uso del corpus anterior se propone trabajar con algoritmos clasificadores de aprendizaje: supervisado y no supervisado

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



- Clasificadores Supervisados
  - Naive Bayes
  - Redes Bayesianas Multinomial
- Clasificador No Supervisado
  - Algoritmo de Turney

El algoritmo de redes bayesianas analiza los datos para identificar correlaciones entre las distintas emociones, el comportamiento del usuario y el contexto (Graham-Rowe, 2012). En un proceso genérico de clasificación (Pang et al., 2002) explica que a partir de un conjunto de entrenamiento, los textos son anotados con su polaridad y se construye un clasificador mediante aprendizaje automático. Luego de que realizan la normalización de los mensajes determinan la polaridad de cada palabra utilizando el diccionario de sentimientos SentiWordNet en el que se considera una palabra positiva si el valor positivo es mayor a 0.3, negativa si es mayor a 0.2 y neutral si es mayor a 0.8.

#### e) Evaluación

En la experimentación ya que se trata de personas con Síndrome de Down resulta complicado obtener un corpus en español ya entrenado en otras investigaciones de personas con este tipo de patología, por lo que en la experimentación se utilizó el corpus obtenido y expuesto en la sección previa. un total de 1360 frases categorizada (989 frases positivas y 3371 negativas) previamente clasificadas por el algoritmo de análisis de sentimientos básicos, de las cuales para la experimentación del entrenamiento se usó 350 frases positivas y 350 negativos para entrenar el clasificador y como test 100 frases aproximadamente. Se ha tenido en cuenta las frases por cada individuo, así tenemos tres grupos de conversaciones

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Conversación	Nro de frases analizadas	Redes Bayesianas Multinomial			Nayve Bayes			Clasificación subjetiva del experto humano
		Positiva	Negativa	Clase	Positiva	Negativa	Clase	
E1	100	23,18	76,82	Negativo	36,32	63,68	Negativo	Negativo
E2	100	73,26	26,74	Positivo	76,26	23,74	Positivo	Positivo
E3	100	56,42	43,58	Positivo	59,42	40,58	Positivo	Positivo

**Tabla 23.** Resultado del entrenamiento del clasificador Nayve Bayes y Multinomial de las conversaciones

El mejor resultado obtenido de la validación se dio en Redes Bayesianas Multinomial, al igual que los obtenidos en (Dubiau, 2013) aunque, en este caso se utilizó otros modelos que ha implementado para la comparación como son Máxima Entropía, Máquina de Soporte Vectorial, Árbol de decisión y Turney, que determinan un estado de efectividad. Redes Bayesianas Multinomial permite tomar las características de todos los términos del vocabulario del corpus de entrenamiento teniendo en cuenta su frecuencia de aparición.

#### 6.4.4. Conclusiones

Se ha realizado procedido con la validación de datos originados en video y transcritos en texto para su análisis de emociones. Este proceso que requiere organizar un esquema de aprendizaje y validación bien podría servir como una simulación de este algoritmo funcionando en tiempo real durante la interacción, siendo el diálogo discriminado desde el micrófono de interacción, por un sistema de transcripción de audio-texto.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Los resultados han sido satisfactorios, siendo el algoritmo de Bayes multinomial el que mejor se acerca a los resultados obtenidos en el corpus por la validación subjetiva realizada por anotadores. Es posible ampliar el rango de validaciones hacia otros algoritmos, en el proceso de búsqueda de la mejor adaptación y resultados.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## CAPITULO VII

### 7. ADAPTACIÓN DE MODELO COMO SOLUCIÓN EN ARQUITECTURA DE SOFTWARE DE SALÓN DE CLASE INTELIGENTE

Desde los resultados y previos, tanto cuantitativos, cualitativos, experienciales y los modelos matemáticos propuestos para la validación de estado emocional, se ha considerado propicio plantear la adaptación del modelo de Tango:H con toda la estructura de interacción gestual en un Salón de Clase Inteligentes (SaCI), en particular en el que se está construyendo en la Universidad Técnica Particular de Loja en Ecuador, donde se han adaptado ya varios agentes en un entorno inteligente y emergente de comunicación, teniendo como objetivo brindar al estudiante un entorno desde el cual se desarrollen sus capacidades cognitivas, sociales y humanas.

#### 7.1. Introducción a SaCI

Los Ambientes Inteligentes (AmI) están impulsando una transición de la Interacción humana tradicional de la computadora a la interacción natural e intuitiva con cosas cotidianas a las cuales se les ha adaptado la capacidad de “dialogar” con el entorno. Estos ambientes están en apogeo desde propuesta signadas con el Internet de las Cosas (IoT, por siglas del Inglés Internet of Things), y que de a poco van ingresando a los hogares desde

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

los diversos dispositivos electrónicos que forman parte del entorno habitual de trabajo y convivencia de las personas. Cumplen un papel importante en el ámbito de educación al aumentar el acceso multidireccional (profesor, estudiante, autoridades, padres, sistema educativo) a la información, enriquecer el ambiente de aprendizaje, permitir el aprendizaje activo y la colaboración de los estudiantes y mejorar su motivación para aprender (Margetis, Zabulis, Koutlemanis, Antona, & Stephanidis, 2013).

Un *Salón de Clase Inteligente* (SaCI) se diseña con los principios de un AmI, constituyéndose en un verdadero reto teniendo en cuenta la cantidad de variables y actores que emiten señales objetivas y subjetivas sobre el estado temporal de cada momento del proceso educativo. La propuesta se convierte en un ámbito emergente dentro del trabajo con entornos de aprendizaje. Como explica Cordero & Aguilar (2016), un SaCI está constituido por un conjunto de dispositivos y software, principalmente con fines educativos como un pizarrón inteligente, entornos virtuales de aprendizaje, objetos de aprendizaje, sistemas inteligentes de tutorías, entre otros; los cuales tienen la capacidad de adaptarse e integrarse con otros factores y entes externos que lo retroalimentan y constituyen el insumo y objetivo de todos los agentes en su conjunto.

Hay varias propuestas de aula de clase con un mayor o menor grado de “inteligencia”, que han sido adaptadas de arquitecturas como: Sistemas de Administración de contenidos (CMS), Sistemas de Administración de Aprendizaje (LMS), Entornos Virtuales de Aprendizaje (VLE), Sistemas de Aprendizaje Colaborativo Soportados por Computadora (CSCL), entre otros. Muchos son los proyectos que han adaptado Sistemas Inteligentes de Tutoría (ITS) a las plataformas antes expuestas, a modo de un puzzle que se ha enfocado en aspectos puntuales del proceso de aprendizaje, sin embargo no se ha concebido como una propuesta integral como lo es SaCI.

En contextos que refieren similitud a SaCI, hay propuestas que relacionan varios factores del entorno físico medidos desde sensores bajo el principio de IoT (Internet de las

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

cosas). Uzelac y su equipo han experimentado con estos sensores: sensor de CO<sub>2</sub>, sensor de temperatura, sensor de presión de aire, sensor de humedad, sensor de ruido y un micrófono para recibir comandos de voz; para la experimentación se hace uso de una Tablet, un dispositivo eb700 que dispone de los sensores previamente indicados, y un headSet conectado a un computador local por *bluethooth*. En este caso se trata de un aula inteligente temporal, solo con fines de toma de datos para experimentación, y con resultados que indican que la variación de los factores: frecuencia de voz del profesor, niveles de ruido, nivel de CO<sub>2</sub> y humedad, están relacionados con la pérdida de atención del estudiante corroborados con los datos en línea de tiempo obtenidos en la Tablet y encuesta posterior a estudiantes (Uzelac, Gligoric, & Krco, 2015). En este contexto también, Shen, Wu, & Lee (2014) proponen una plataforma de aula inteligente que utiliza *Near Field Communication* (NFC) para atender de forma automática la administración de recursos, localizar estudiantes y proveer de una retroalimentación en tiempo real, desde una arquitectura centralizada de administración de la interacción; los dispositivos de los estudiantes registran su asistencia de forma automática y son parte del sistema integrado de aula de clase; el profesor puede hacer un seguimiento continuo del progreso académico del estudiante respecto de las actividades planificadas; resultados muestran un impacto positivo en las actitudes hacia las actividades de aprendizaje, en un estudio longitudinal de 18 semanas a un grupo de 58 estudiantes de la asignatura de computación. El-Bishouty y su equipo (El-Bishouty, Ogata, Rahman, & Yano, 2010) evalúan un modelo que utiliza la tecnología RFID (Radio Frequency Identification) para detectar los objetos ambientales y estudiantes, generando un mapa social del conocimiento que relaciona dinámicamente a compañeros y objetos de trabajo. El mapa visualiza los objetos circundantes de los estudiantes, los compañeros y la fuerza de la relación en la perspectiva de una red social. Estos estudios corresponden solamente un ejemplo de la variedad de propuesta existentes, con una variedad de tecnologías que ayudan en la intercomunicación inteligente entre objetos y personas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Se han propuesto así mismo varios modelos y arquitecturas que al igual que SaCI-UTPL hacen uso de *Agentes*. Desde el proyecto AARTIC se desarrolla un entorno inteligente que hace uso de un *agente pedagógico*, integrado en el entorno, que incorpora funciones de observación y tutoría personalizada para el aprendizaje; El entorno de AARTIC ayuda al estudiante en la asimilación de conceptos teóricos, y al docente a rastrear a todos sus estudiantes. Ambas características muestran la relevancia del proyecto ya que responde a las expectativas de los profesores y estudiantes en la educación adaptativa en ciencia e ingeniería (Mhiri & Ratté, 2009). ISABEL (Information Software Agent Based E-Learning) es una solución basada en arquitectura de multiagentes, que tiene la particularidad de dividir a los estudiantes en perfiles similares, donde cada grupo es administrado por un *Agente tutor* (virtual) y cada *Agente estudiante* (virtual) puede acceder desde varios *agentes dispositivo* previamente registrados; ISABEL en su diseño tiene la particularidad, de que el *Agente docente* (persona) del aula no realiza la tarea onerosa de recomendaciones por estudiante, sino que explora la ayuda del *agente tutor* asociado con el clúster al que pertenece el estudiante (Garruzzo, Rosaci, & Sarne, 2007).

En trabajos recientes acerca de sistemas multiagentes, Dai et al. (2017) proponen el diseño de un framework para entornos de educación formal, que permita sintetizar las políticas de coordinación y control en sistemas cooperativos multiagentes; asumen que las capacidades referentes a misión y movimiento de cada agente pueden ser modeladas respectivamente como dos autómatas finitos, por tanto los requisitos de rendimiento global se especifican como lenguajes regulares. Shayakhmetova (Shayakhmetova, 2017) adapta la plataforma JADE para un sistema de educación a distancia, en específico para personas con problemas visión; adapta un laboratorio compartido con infraestructura completa tanto en hardware como software, que es testeado y evaluado a través de la infraestructura para administración de agentes BRAHMS; entre los agentes del sistema se encuentra *Ontological*, que se encarga de construir un OWL de aprendizaje para la población con limitada visión. En el ámbito educativo, pero con énfasis en la gestión del aprendizaje inteligente de agentes, Wang et al. (2017) presentan un nuevo framework para componer

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

servicios web desde aprendizaje de refuerzo multiagente (MARL Multi-Agent Reinforcement Learning); el enfoque propuesto toma en consideración a todos los agentes y los hace trabajar en equipo, desde un modelo basado en el equilibrio de coordinación de la teoría de los juegos, e incorporándolo desde la política de aprendizaje de Boltzmann. Las propuestas desde el trabajo de multiagentes se mantiene vigente, y con aportes a la educación desde diversos ámbitos de las ciencias de la computación, como es visible en los estudios previos.

## 7.2. Estado actual de SaCI – UTPL

SaCI-UTPL nace en enero del 2015 con la propuesta del profesor José Aguilar de la universidad de los Andes de Venezuela, desde proyecto de investigación que supone su estancia como profesor invitado en la UTPL, con beca Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior (SENESCYT). SaCI es un entorno emergente sostenido en el modelo de sistemas multiagentes (Aguilar, Cerrada, & Hidrobo, 2007), que interactúan de forma automática desde un framework de comunicación centralizado, coordinado desde un Servidor Principal que regulariza la mensajería entre agentes.

SaCI UTPL es un sistema articulado con la arquitectura base de la plataforma multiagentes JADE (Java Agent DEvelopment Framework), desde la cual de forma dinámica interactúan bajo un concepto de espacio inteligente, donde de una forma automática “dialogan” agentes con objetivos y servicios específicos. JADE provee una plataforma multiagente conforme a FIPA<sup>9</sup> (Foundation for Intelligent Physical Agents), que dispone de un paquete para el desarrollo de agentes JAVA y un conjunto de herramientas gráficas para administrar y monitorear la ejecución de agentes. Entre otras características JADE ofrece al programador una plataforma distribuida con interfaces

<sup>9</sup> FIPA es una organización de estándares de IEEE Computer Society que promueve la tecnología basada en agentes y la interoperabilidad de sus estándares con otras tecnologías. <http://www.fipa.org/>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



gráficas para la administración remota de agentes, herramientas de depuración, movilidad de agentes inter-plataforma, ejecución en paralelo de múltiples agentes, librería de protocolos FIPA incluido ACL (Agent Communication Language), servicio de nombres GUID (Globally Unique Identifier) y una interface para que aplicaciones externas inicien agentes. Un *Agente* en JADE se crea desde la clase *Agent* incluida en el paquete *jade.core*, y con posibilidad de adquirir una interfaz gráfica con la implementación de la clase *GuiAgent* (Aguilar et al., 2007; Bellifemine, Poggi, & Rimassa, 1999).

En el modelo la comunicación entre agentes es primordial, y la arquitectura al sostenerse sobre JADE, tiene como protocolo base ACL (Agent Communication Lenguaje) definido por FIPA. Un mensaje ACL posee campos para parametrizarse, entre estos: agente que envía el mensaje, lista de receptores, tipo de mensaje, contenido del mensaje, sintaxis y ontología del contenido y otros más para el control de conversaciones recurrentes. Cada mensaje en sí es un *acto de habla*, y desde este se establecen conversaciones y pedidos recurrentes donde interactúan cada uno de los agentes, en función de sus objetivos, estado y los comportamientos programados (Aguilar et al., 2007).

Para el diseño se trabaja con la metodología MASINA (Metodología para el modelado de Sistema de Ingeniería Orientado a Agentes), específica para el trabajo de desarrollo de aplicaciones con Multiagentes (Aguilar et al., 2007). En un primer esfuerzo se define los diferentes componentes en un Aula Inteligente, proponiendo dos tipos de agentes: uno para caracterizar los componentes de software y el otro para definir los componentes de hardware, que permitirán el desarrollo y adaptación posterior de nuevos elementos en este proyecto incremental, y por lo cual en este trabajo se ha podido considerar como una proyección factible de la adaptación de entorno de interacción gestual al aula de clase inteligente (Aguilar, Valdiviezo, Cordero, & Sánchez, 2015).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

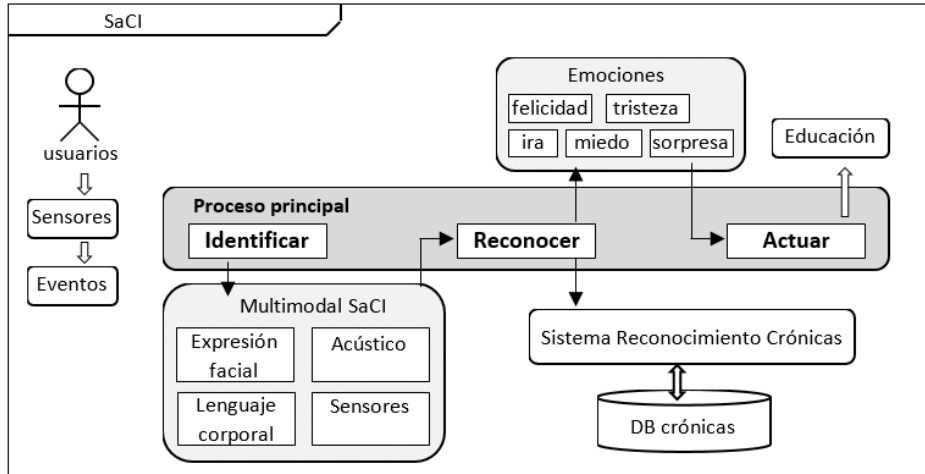
SaCI ya ha venido desarrollando varios ámbitos de interacción, y en su primera versión se diseñaron las siguientes comunidades de agentes (Aguilar, Chamba-Eras, & Cordero, 2016):

- Comunidad de Agentes que administran las condiciones del ambiente en SaCI (Ej. luminosidad, temperatura).
- Comunidad de Agentes que administran recursos de aprendizaje (Se ha considerado también la plataforma MOODLE del Entorno Virtual de Aprendizaje de la UTP).
- Comunidad de Agentes que administran Procesos de aprendizaje.
- Comunidad de Agentes que representan a personas humanas.
- Comunidad de Agentes que representan objetos móviles (Ej. Robots autónomos que se desplazan en modo local en SaCI)
- Comunidad de Agentes que representan otros objetos estáticos en SaCI.

En SaCI existen trabajos realizados en cuanto al modelado de adaptación de agentes para el reconocimiento de emociones. En este ámbito Cordero & Aguilar (2016) presentan la adaptación de un modelo de reconocimiento multimodal de emociones en tiempo real, basado en crónicas. Las emociones consideradas se proponen para el proceso de aprendizaje, considerando la clasificación de emociones en: felicidad, tristeza, ira, miedo y sorpresa. Una crónica es un conjunto de eventos con separaciones de espacios de tiempo entre estos, según es requerido por el contexto, y para que cada bloque disponga de una dinámica propia ante un todo de la narrativa general (Aguilar, 2011). Cada crónica es por tanto relacionable con una o más emociones, acorde a la secuencia de eventos observables, que previamente han sido ya relacionados con un estado de emoción. Es multimodal al considerar diversos datos que serán capturados por los sensores de los agentes: facial,

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

acústico, lenguaje corporal, e incluso agentes del ambiente que son manejados por agentes de SaCI.

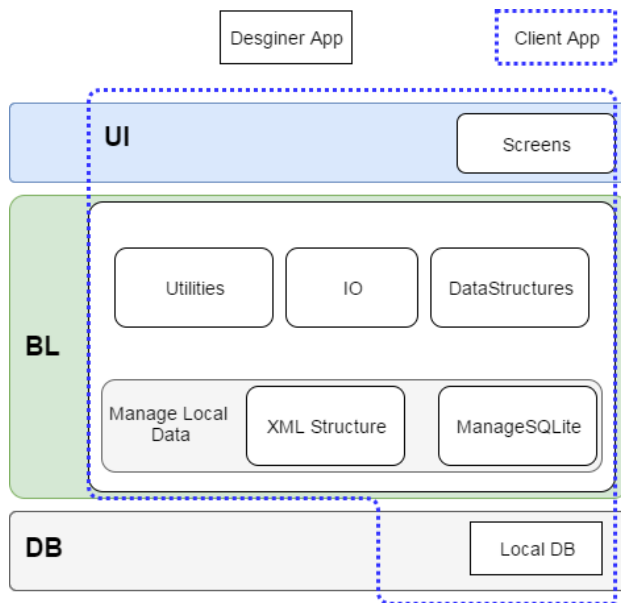


**Figura 50.** Modelo Multimodal de reconocimiento de emociones basado en crónicas

**Fuente:** (Cordero & Aguilar, 2016)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31

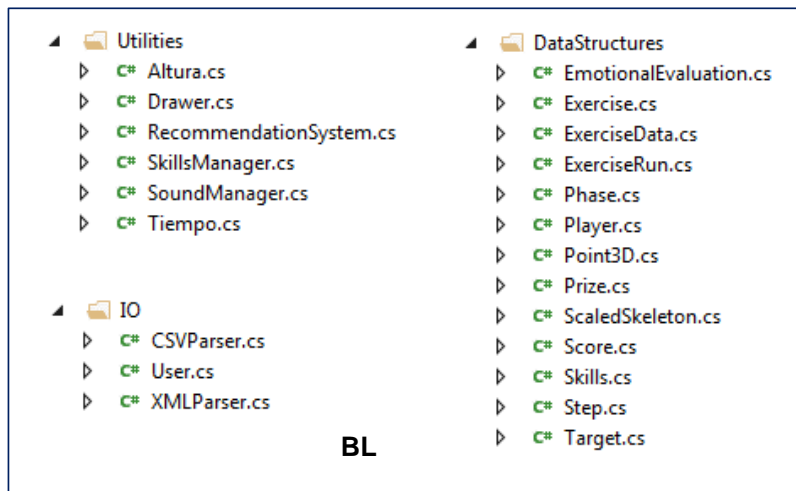
### 7.3. Arquitectura base de Tango:H



**Figura 51.** Arquitectura de Tango:H - Estructura general de librerías

La versión adaptada de Tango:H se desarrolla desde una arquitectura de multicapas. En la parte de más externa está la capa de interfaz de Usuario, que está compuesta de solamente un paquete *Screens.dll* con todas las pantallas de interacción. El paquete consta de 35 pantallas, que en su totalidad han sido diseñadas en XAML, con un componente de clase en C Sharp, es decir un total de 70 archivos. La capa de Lógica de Negocio en la parte superior contiene las 3 librerías: *DataStructures.dll*, *Utilities.dll*, *IO.dll*.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



**Figura 52.** Bussines Logic - TangoH2\_k1

El objetivo de este apartado no es exponer el detalle de todo lo que es la plataforma de interacción gestual Tango:H, sino exponer de forma general un poco de los componentes desde los cuales se tendrá que adaptar la propuesta de respuesta de propuesta inteligente. Toda la estructura está trabajada siguiendo la metodología de objetos, por tanto es posible una fácil expansión y adaptación gracias a las características de: herencia, cohesión, abstracción, polimorfismo, acoplamiento y encapsulamiento.

#### 7.4. Arquitectura de Software adaptable a SaCI con recursos personalizables e interacción gestual

La arquitectura de una aplicación en forma general nos permite disponer de una vista del sistema, para comprender el contexto y la comunicación de cada uno de sus componentes principales (Clements et al., 2010); esta visión no detallada permite que los ingenieros de software puedan engranar las nuevas soluciones desde una visión global de la solución. La IEEE Computer Society ha desarrollado IEEE-Std-1471-2000, definiendo

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

a la arquitectura de software como la organización de fundamental de un sistema, plasmada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y principios que orientan su diseño y evolución (IEEE, 2000). Los tres amigos creadores de UML: James Rumbaugh, Grady Booch e Ivar Jacobson, la plantean como una de las etapas en la ingeniería de software orientada a objetos (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2005). La arquitectura de software se considera como la representación de diseño del dominio de negocio, representado desde un conjunto predefinido de patrones de diseño que detallan la relación de reglas de dominio del negocio implementadas en sistemas de software interconectados (Sessions, 2006). Varios científicos y académicos concuerdan en comparar a la arquitectura de software con la arquitectura de la construcción, en cuanto a disponer de un propósito, temas, materiales y estructura, extendiendo por supuesto su conocimiento desde las teorías de software (Perry & Wolf, 1992). En síntesis la arquitectura nos presenta una vista estructural de la solución en alto nivel, definiendo un estilo o combinación de estos, centrándose en los requerimientos no funcionales del negocio.

Para realizar una adecuada arquitectura es necesario disponer de una comunicación fluida con el equipo de diseño y trabajo; así, se debe consultar a los clientes sobre cuestiones conceptuales, a gerentes sobre diseño, a los ingenieros de software sobre características estructurales innovadoras y a los programadores respecto de las técnicas de implementación, apariencia y estilo ( ). A nivel de estructura específica en el diseño de la arquitectura es necesario definir los módulos principales, sus responsabilidades e operaciones de interacción: control y flujo de datos, secuenciación de la información, protocolos de interacción y comunicación, y ubicación en el hardware. El buen diseño de una arquitectura permite incrementar en aproximadamente el 29% la probabilidad de éxito de un proyecto de software ( ). Estas ventajas se dan particularmente al permitir prevenir variaciones en aspectos como incremento del volumen de requerimiento de datos; incremento de partes y sectores del negocio por factores de globalización e incremento dinámico de necesidades; y el incremento de heterogeneidad en aspectos como lenguajes, protocolos de acceso, plataformas de middleware y otras tecnologías emergentes ( ). La

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

arquitectura de software ha evolucionado desde sus inicios con procesos batch en mainframes; a aplicaciones de PC, redes empresariales con CRM y ERP; a plataformas web dinámicas con ASP, JSP y similares, en sistemas Cliente/Servidor de N capas; para de momento situarse en aplicaciones web enriquecidas desde entornos SaaS propuestos desde SOA.( )

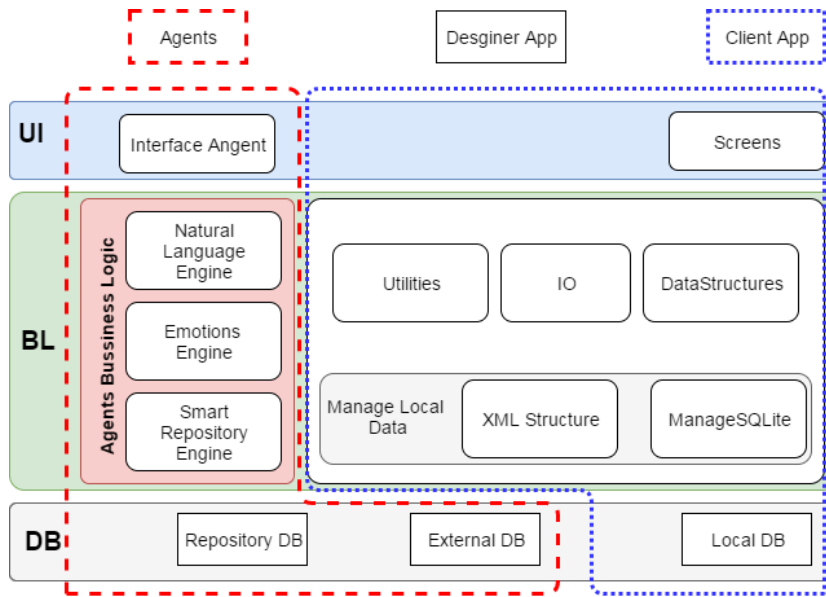
Desde la arquitectura dinámica y flexible de SaCI-UTPL, y con base en los estudios realizados desde la Interacción Gestual con la plataforma Tango:H se plantea una arquitectura que permita adaptar esta plataforma como una nueva comunidad de agentes, que consiste en una considerable mejora a SaCI, y una evolución necesaria para la plataforma Tango:H.

#### **7.4.1. Requerimientos**

Estos requerimientos hacen referencia a parámetros a considerar en tiempo de ejecución y que se encuentran detallados en el estándar ISO/IEC 25010: 2011: confiabilidad, operatividad, eficiencia de rendimiento, seguridad y compatibilidad; también parámetros de tiempo de desarrollo expuestos en el mismo estándar: mantenibilidad y transferibilidad. En esta etapa se considera además las necesidades de negocio y los contextos del ambiente donde funcionará el sistema y que pueden variar con el tiempo: aspectos legales y regulatorios, sensibilidad en algunos grupos sociales (en nuestro caso los estudiantes con Síndrome de Down), aspectos de financiamiento, y tendencias tecnológicas.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

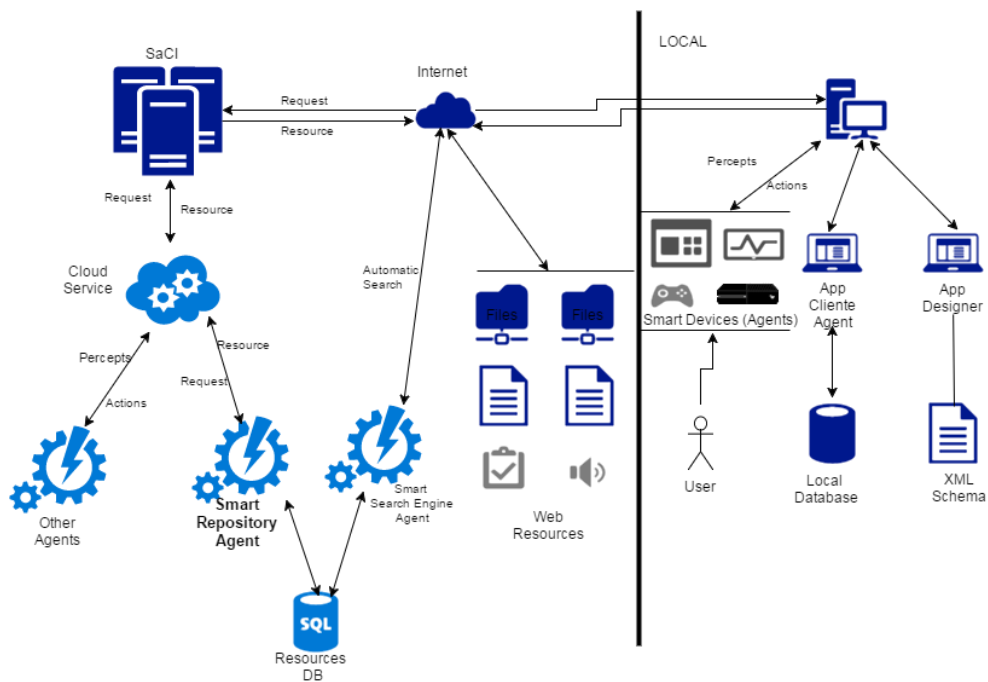
### 7.4.2. Modelo Propuesto



**Figura 53.** Arquitectura Macro de Plataforma de Tango:H Smart

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31





**Figura 54.** Modelo General de adaptación a la web

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31

## 8. CONCLUSIONES Y FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

### 8.1. CONCLUSIONES

Para el cumplimiento de estos objetivos planteados al iniciar la investigación fue necesario conocer de forma técnica y científica el comportamiento emocional y de adaptación de los estudiantes con Síndrome de Down ante recursos didácticos personalizados en una plataforma de interacción gestual. Se ha propuesto cumplir con los objetivos desde una metodología de investigación científica sostenida en estándares de *Usabilidad, UX y Computación Afectiva*, desde procesos, modelos matemáticos y algoritmos verificables que sustenten el contexto teórico-práctico de la propuesta; los insumos de la recopilación de datos se obtienen de forma técnica y organizada, cumpliendo actividades concretas como las que se mencionan:

- 1) Para conocer las necesidades cognitivas y motrices de las personas con Síndrome de Down, desde el contexto teórico científico, se realizó en primer momento una revisión teórica de la literatura sobre esta sensible población, llegando a conocer características físicas, fisiológicas, psicológicas, motrices y cognitivas, lo cual se detalla en el capítulo II. Así mismo se realizó un estudio etnográfico en la Asociación Trisómicos 21 Down Tenerife para conocer la institución en la cual se iba a realizar la investigación. El estudio teórico realizado además se amplió hacia la educación para población con Síndrome de Down.
- 2) Para conocer los perfiles de cada estudiante, siguiendo la metodología propuesta, se procede a seguir un protocolo fijo que incluye reuniones semanales con los profesores, con los cuales se sociabiliza cada perfil de estudiante que va a participar en el estudio, con la finalidad que la muestra sea homogénea desde las variables de género, edad

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

cognitiva, capacidades motrices, año de escolarización, facilidad de acoplamiento a entornos nuevos, agresividad. La población finalmente se conformó por seis estudiantes, tres por cada grupo (GE y GC), con una edad mental promedio de GE=7 años (SD=.81) y GC=6.67 años (SD=.94). Con esta muestra se procede a estudiar los planes curriculares y se selecciona lenguaje y matemática para la intervención. Se procede a adaptar los recursos didácticos convencionales a recursos digitales funcionales con la plataforma de interacción gestual Tango:H.

- 3) Se realiza una recopilación técnica y metodológica de datos de interacción y variación emocional desde múltiples orígenes: observación sistemática con EMODIANA, biométricos con sensor de ritmo cardiaco, desde sensor de seguimiento de mirada eye-tracker y en video. Es importante señalar el diseño y adaptación de Instrumento Observacional EMODIANA, que ha facilitado la disposición de datos continuos en el tiempo del estado emocional del estudiante.
- 4) El estudio de Usabilidad de los recursos didácticos personalizados para aulas convencionales y de interacción gestual permitió realizar una validación técnica desde patrones de mirada sobre métricas de eficiencia, eficacia, facilidad de aprendizaje y satisfacción de usuario. Complementar *Facilidad de Aprendizaje* a las tres métricas principales de ISO 9241-11: *eficiencia, eficacia y satisfacción*, ha permitido un estudio integral; esto relaciona directamente a Nielsen (1993) para quien la facilidad de aprendizaje es una de las más fundamentales de usabilidad.
- 5) Desde los patrones de atención visual mediante el uso del dispositivo de seguimiento visual eye-tracker no fue visible un *mapeo natural* en las láminas diseñadas en clase convencional (GC), ya que los resultados no corresponden a lo que el docente esperaba sucediera en el proceso de aprendizaje del estudiante, por lo cual hace repetir varias veces el proceso en búsqueda de una respuesta correcta. Los objetos de mayor atención no corresponden a los esperados por el docente.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- 6) La calidad de los recursos educativos es buena en términos generales; se obtiene para los recursos convencionales y de interacción gestual altos porcentajes de *cumplimiento de tareas* (>83%), con una *eficacia de tareas* superior para los recursos de interacción gestual (>63%). Las métricas de *eficiencia* muestran altos grados de respuesta por parte de los niños y niñas con DS; *Fatiga en la mirada* ( $\bar{x}=3,15$ ;  $sd=0,37$ ) no limitó el cumplimiento de la tarea.
- 7) Se ha diseñado un modelo fundamentado en HCI, Usabilidad, Experiencia de Usuario y Computación afectiva, al que se ha denominado *Experiencia Afectiva de Usuario para Personas con Síndrome de Down* (UAX-DS), que permite validar la experiencia del usuario desde un ambiente multi-sensorial. UAX-DS comprende dos fases: la primera dividida en tres momentos: un conjunto de fuentes de entrada de datos durante la interacción, que luego de ser organizados pasan por un procesamiento (algoritmos de Machine Learning en la mayoría de casos) para obtener datos de la variación de emociones en ventanas de tiempo almacenadas en una Base de Datos local junto a los modelos de ML; la segunda comprende modelos estadísticos basados en correlación.
- 8) Analizar la variación del comportamiento emocional de usuarios con Síndrome de Down en aula de clase experimental con interacción gestual y recursos didácticos digitales personalizados.
- 9) Se ha procedido a realizar la validación complementaria desde el modelo de UAX-DS desde el instrumento observacional EMODIANA que incluye un sustento teórico para la evaluación desde las diez emociones, convertidas a un estado emocional de positivo, neutral o negativo. De forma general durante esta lección ha sido mayor el estado emocional negativo, superando el 52% del tiempo total de la lección; el estado emocional positivo es del 39% del tiempo total, y el restante 9% en un estado de equilibrio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

10) Se ha obtenido un corpus de texto y video desde la valoración subjetiva de emociones sostenida en la observación de expertos y externos. En el caso del texto se ha organizado los datos por usuario (GE1, GE2, GE3), de todas las frases, y otros para las emociones positivas, negativas y neutras. En el segundo caso se dispone de los videos (aún en nivel de acceso privado) y la tabla de emociones por cada video en los espacios de tiempo ( $V=20\text{seg}$ ;  $t=1\text{seg}$ ,  $V[20]=\{T1\dots T20\}$ ), obteniendo 20 archivos, con 1041 ventanas,  $t=5:44:16$ , valorando según kappa de Fleiss 10 videos como Excelente, 7 como bueno, 3 como regular y uno como no aceptable.

11) Se ha propuesto una arquitectura general para adaptar la plataforma de interacción gestual utilizada y modelos de aprendizaje a un aula de clase inteligente para la personalización automática de recursos didácticos basados en estado emocional.

## 8.2. FUTURAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN

- Ampliar el estudio de UAX-DS a otras poblaciones, con mayor número de estudiantes en la investigación.
- Como trabajos futuros se considera las métricas específicas aplicadas a patrones de interacción, para conocer los puntos focales de atención específica sobre los recursos didácticos.
- Con la experiencia y la arquitectura propuesta, se considera factible el planteamiento de una réplica de este estudio en SaCI-UTPL, teniendo como base de comparación continua los resultados obtenidos en este estudio, y como modelo la metodología presentada y adaptada al ambiente del SaCI.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall Giesinger, C., & Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition*. Austin, Texas. Retrieved from <http://cdn.nmc.org/media/2017-nmc-horizon-report-he-EN.pdf>
- Aguilar, J. (2011). *Temporal Logic from the Chronicles Paradigm: learning and reasoning problems, and its applications in Distributed Systems*. Germany: LAP Lambert Academic Publishing. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2096080>
- Aguilar, J., Cerrada, M., & Hidrobo, F. (2007). A Methodology to Specify Multiagent System. In N. T. Nguyen, A. Grzech, R. J. Howlett, & L. C. Jain (Eds.), *Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications* (Vol. 4496). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-72830-6>
- Aguilar, J., Chamba-Eras, L., & Cordero, J. (2016). Specification of a Smart Classroom Based on Agent Communities BT. In Á. Rocha, A. M. Correia, H. Adeli, L. P. Reis, & M. Mendonça Teixeira (Eds.), *New Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 1003–1012). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-31232-3\\_95](https://doi.org/10.1007/978-3-319-31232-3_95)
- Aguilar, J., Valdiviezo, P., Cordero, J., & Sánchez, M. (2015). Conceptual design of a smart classroom based on multiagent systems. In *Proceedings on the International Conference on Artificial Intelligence (ICAI)* (p. 471). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp).
- Ahmed, S., & Parsons, D. (2013). Abductive science inquiry using mobile devices in the classroom. *Computers and Education*, 63, 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.017>
- Alm, C. O., Roth, D., & Sproat, R. (2005). Emotions from text: machine learning for text-based emotion prediction. In *Proceedings of the conference on human language technology and empirical methods in natural language processing* (pp. 579–586). Association for Computational Linguistics.
- Andrews, K. (2015). *Human-Computer Interaction. Course notes*. Graz University of Technology.
- Angulo, M. C., Gijón, A., Luna, M., & Prieto, I. (2006). Manual de Atención al alumnado con Necesidades Específicas de Apoyo Educativo derivadas de síndrome de Down. España: Junta de Andalucía.
- Arias, S., Gomez, H., Barbosa, J., Ratte, S., Torres-Diaz, J., Torres-Carrion, P. V., & Garcia, J. M. (2015). A contribution to the method of automatic identification of

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

human emotions by using semantic structures. In *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (pp. 60–70). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICL.2014.7017748>

Asociación Tinerfeña de Trisómicos 21, D. T. (2012). *Memoria 2012*. San Cristobal de la Laguna. Retrieved from <http://www.downtenerife.com/>

Assimwe, E., & Grönlund, Å. (2014). On Mobile Learning with Learning Content Management Systems: A Contemporary Literature Review. In M. Kalz, Y. Bayyurt, & M. Specht (Eds.), *Mobile as a Mainstream – Towards Future Challenges in Mobile Learning* (Vol. 479, pp. 131–145). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-13416-1\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-13416-1_13)

Austeng, M. E., Akre, H., Falkenberg, E.-S., Øverland, B., Abdelnoor, M., & Kværner, K. J. (2013). Hearing level in children with Down syndrome at the age of eight. *Research in Developmental Disabilities*, 34(7), 2251–2256.

Bacca, J., Baldiris, S., & Fabregat, R. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational ...*, 14(4), 133–149. Retrieved from [http://www.ifets.info/others/abstract.php?art\\_id=1521](http://www.ifets.info/others/abstract.php?art_id=1521)

Baccianella, S., Esuli, A., & Sebastiani, F. (2010). SentiWordNet 3.0: An Enhanced Lexical Resource for Sentiment Analysis and Opinion Mining. In *LREC* (Vol. 10, pp. 2200–2204).

Balic, M. G., & i Planella, M. M. (2003). *Síndrome de Down y respuesta al esfuerzo físico*. Universitat de Barcelona.

Bandhakavi, A., Wiratunga, N., Massie, S., & Padmanabhan, D. (2017). Lexicon Generation for Emotion Detection from Text. *IEEE INTELLIGENT SYSTEMS*, 32(1), 102–108. Retrieved from [http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwtV1LSwMxEa6iF0F8i0\\_IQbzISja7SbMHD1qrIj4q3SI9SbpJqIiLhyr-fGc2-2iLBz14WdqhLct-08m8P0IifsKCGZsgwQhG2JvLtIycQfq0ULacDA0zlnvqw0c1GMjueeumaV1tZP8KPMgAehyk\\_QP49Y-CAF6DCsAVIACuv1KDW\\_sFWOfleum6sbDj2XvA3I](http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwtV1LSwMxEa6iF0F8i0_IQbzISja7SbMHD1qrIj4q3SI9SbpJqIiLhyr-fGc2-2iLBz14WdqhLct-08m8P0IifsKCGZsgwQhG2JvLtIycQfq0ULacDA0zlnvqw0c1GMjueeumaV1tZP8KPMgAehyk_QP49Y-CAF6DCsAVIACuv1KDW_sFWOfleum6sbDj2XvA3I)

Bandhakavi, A., Wiratunga, N., Padmanabhan, D., & Massie, S. (2016). Lexicon based feature extraction for emotion text classification. *Pattern Recognition Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.12.009>

Bellifemine, F., Poggi, A., & Rimassa, G. (1999). JADE–A FIPA-compliant agent framework. In *Proceedings of PAAM* (Vol. 99, p. 33). London.

Bennett, S. J., Holmes, J., & Buckley, S. (2013). Computerized memory training leads to sustained improvement in visuospatial short-term memory skills in children with Down syndrome. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 118(3), 179–92. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-118.3.179>

Benton, L., & Johnson, H. (2015). Widening participation in technology design: A review

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- of the involvement of children with special educational needs and disabilities. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 3–4, 23–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.07.001>
- Bergaus, M. (2015). Literature Review: ICT, SDPs and System Design for User Needs. In M. Bergaus (Ed.), *Design Issues for Service Delivery Platforms* (pp. 27–94). Springer Fachmedien Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-10541-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-658-10541-9_2)
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human - Computer Studies*, 55(4), 533–552. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>
- Bisquerra Alzina, R., & Álvarez Fernández, M. (2000). *Educación emocional y bienestar* (Editorial). Praxis.
- Bochynska, A., & Laeng, B. (2015). Tracking down the path of memory: eye scanpaths facilitate retrieval of visuospatial information. *Cognitive Processing*, 16(1), 159–163. <https://doi.org/10.1007/s10339-015-0690-0>
- Börjesson, P., Barendregt, W., Eriksson, E., Torgersson, O., Technology, C. U. of, (Chalmers), I. för tillämpad informationsteknologi, ... IT-fakulteten. (2015). Designing technology for and with developmentally diverse children: a systematic literature review. In *IDC '15 Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (p. 79). Retrieved from [http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwIz09T8MwEIZPF SxIDCCK-JTuD1xxvhtGPirE1IGBTpEdu2WImgrKwL\\_nbCdx1alJFEV-FCl39uXe9wCSeCJoLybkNIgbko9bOk8KoSIhOXrKOBZGpakUfnb0YpHPn4r3Ef RTtzY7pSvXsFN\\_uakiVpmye\\_PBTIbKI9Ku64FjPm2HwjTx5o\\_4VE62sEk6tOLIpv](http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwIz09T8MwEIZPF SxIDCCK-JTuD1xxvhtGPirE1IGBTpEdu2WImgrKwL_nbCdx1alJFEV-FCl39uXe9wCSeCJoLybkNIgbko9bOk8KoSIhOXrKOBZGpakUfnb0YpHPn4r3Ef RTtzY7pSvXsFN_uakiVpmye_PBTIbKI9Ku64FjPm2HwjTx5o_4VE62sEk6tOLIpv)
- Boucenna, S., Narzisi, A., Tilmont, E., Muratori, F., Pioggia, G., Cohen, D., & Chetouani, M. (2014). Interactive Technologies for Autistic Children: A Review. *Cognitive Computation*, 6(4), 722–740. <https://doi.org/10.1007/s12559-014-9276-x>
- Boudreau, D. (2002). Literacy skills in children and adolescents with Down syndrome. *Reading and Writing*, 15(5–6), 497–525. <https://doi.org/10.1023/A:1016389317827>
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of Meaning*. Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (2009). *The Process of Education, Revised Edition*. Harvard University Press.
- Buck, R., Khan, M., Fagan, M., & Coman, E. (2017). The User Affective Experience Scale (UAX): A Measure of Emotions Anticipated in Response to Pop-Up Computer Warnings. *International Journal of Human-Computer Interaction*, null-null. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1314612>
- Buckner, R. L., & Wheeler, M. E. (2001). The Cognitive Neuroscience of Remembering. *Nature Reviews Neuroscience*, 2(9), 624–634. <https://doi.org/10.1038/35090048>
- Bush, V. (1945). As we may think. *The Atlantic Monthly*, 176(1), 101–108.
- Cai, Y., Chia, N. K. H., Thalmann, D., Kee, N. K. N., Zheng, J., & Thalmann, N. M. (2013).

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	



Design and development of a Virtual Dolphinarium for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering : A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21(2), 208–17. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2013.2240700>

Caillois, R. (1961). *Man, Play and Games*.

Campigotto, R., McEwen, R., & Demmans Epp, C. (2013). Especially social: Exploring the use of an iOS application in special needs classrooms. *Computers & Education*, 60(1), 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.08.002>

Cano, M.-D., & Sanchez-Iborra, R. (2015). On the use of a multimedia platform for music education with handicapped children: a case study. *Computers & Education*, 87, 254–276. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.010>

Cantón, P., González, Á. L., Mariscal, G., & Ruiz, C. (2012). Applying New Interaction Paradigms to the Education of Children with Special Educational Needs. In K. Miesenberger, A. Karshmer, P. Penaz, & W. Zagler (Eds.), *Computers Helping People with Special Needs* (Vol. 7382, pp. 65–72). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31522-0>

Cawthon, N., & Moere, A. V. (2006). A Conceptual Model for Evaluating Aesthetic Effect within the User Experience of Information Visualization. In *Tenth International Conference on Information Visualisation (IV'06)* (pp. 374–382). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IV.2006.4>

Channell, M. M., Connors, F. A., & Barth, J. M. (2014). Emotion Knowledge in Children and Adolescents With Down Syndrome: A New Methodological Approach. *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 119(5), 405–421. <https://doi.org/10.1352/1944-7558-119.5.405>

Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide.

Chapman, R. S., Seung, H., Schwartz, S. E., & Bird, E. K. (2000). Predicting language production in children and adolescents with Down syndrome: the role of comprehension. *Journal of Speech, Language & Hearing Research*, 43(2), 340–350.

Cheng, Y., & Huang, R. (2012). Using virtual reality environment to improve joint attention associated with pervasive developmental disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 33(6), 2141–52. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.05.023>

Clements, P., Bachmann, F., Bass, L., Garlan, D., Little, R., Merson, P., ... Stafford, J. (2010). *Documenting Software Architectures: Views and Beyond* (Second Edi). Boston: Addison-Wesley.

Cobo Román, C. (2007). Modelo de aprendizaje abierto. *Innovación Educativa*, 7(41), 5–17. Retrieved from <http://www.redalyc.org/html/1794/179421215002/>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.
- Cordero, J., & Aguilar, J. (2016). Reconocimiento multimodal de emociones en un entorno inteligente basado en crónicas. *Gráficas El Portatítulo*, 525–541.
- Correia, N., & Romero, L. (2006). Storing user experiences in mixed reality using hypermedia. *The Visual Computer*, 22(12), 991–1001. <https://doi.org/10.1007/s00371-006-0039-x>
- Crisko, J. J., Schwartz, J. B., Wilcox, B., Costa, L., & Kerman, K. (2015). Design and Kinematic Evaluation of a Novel Joint-Specific Play Controller: Application for Wrist and Forearm Therapy. *Physical Therapy*, 95(7), 1061–6. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140344>
- Csikszentmihalyi, M. (2006). *Creatividad: el flujo y la psicología del descubrimiento y la invención* (Vol. 9). Barcelona [etc.]: Paidós.
- Dai, J., Benini, A., Lin, H., Antsaklis, P. J., Rutherford, M. J., & Valavanis, K. P. (2017). Learning-based Formal Synthesis of Cooperative Multi-agent Systems. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1705.10427>
- Darejeh, A., & Singh, D. (2013). A review on User Interface Design Principles to increase software usability for users with less computer literacy. *Journal of Computer Science*, 9(11), 1443–1450. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2013.1443.1450>
- de la Guía, E., Lozano, M. D., & Penichet, V. M. R. (2015). Educational games based on distributed and tangible user interfaces to stimulate cognitive abilities in children with ADHD. *British Journal of Educational Technology*, 46(3), 664–678. <https://doi.org/10.1111/bjet.12165>
- De Zubiría, M. (1999). *Inteligencia Emocional*. Bogotá: Fundación Alberto Merani para el Desarrollo de la Inteligencia.
- Denham, S. A., & Brown, C. (2010). “Plays nice with others”: Social–emotional learning and academic success. *Early Education and Development*, 21(5), 652–680.
- Desai, S. S. (1997). Down syndrome. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 84(3), 279–285. [https://doi.org/10.1016/S1079-2104\(97\)90343-7](https://doi.org/10.1016/S1079-2104(97)90343-7)
- Desmet, P. (2005). Measuring emotion: Development and application of an instrument to measure emotional responses to products. *Funology*, 111–123.
- Dhiman, A. K. (2011). Knowledge Discovery in Databases and Libraries. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 31(6), 446–451. <https://doi.org/10.14429/djlit.31.6.1319>
- Diefendorf, A. O., Bull, M. J., Casey-Harvey, D., Miyamoto, R. T., Pope, M. L., Renshaw, J. J., ... Wagner-Escobar, M. (1995). Down syndrome: a multidisciplinary

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

- perspective. *Journal of the American Academy of Audiology*, 6(1), 39. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7696677>
- Donovan, G., & Mitchell, M. M. (1978). Analysis of the Development Test of Visual Perception and the Motor-Free Visual Perception Test. *Perceptual and Motor Skills*, 46(3 Pt 2), 1284–6. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.46.3c.1284>
- Dovis, S., Van der Oord, S., Wiers, R. W., & Prins, P. J. M. (2015). Improving Executive Functioning in Children with ADHD: Training Multiple Executive Functions within the Context of a Computer Game. A Randomized Double-Blind Placebo Controlled Trial. *PLOS ONE*, 10(4), e0121651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121651>
- Downes, S. (2005). e-Learning 2.0. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 6(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v6i2.284>
- Downes, S. (2009). Reviewing Last Year's E-Learning Predictions. *eLearn*, 2009(1), 2. <https://doi.org/10.1145/1595387.1538965>
- Doyle, T., & Arnedillo-Sánchez, I. (2011). Using multimedia to reveal the hidden code of everyday behaviour to children with autistic spectrum disorders (ASDs). *Computers & Education*, 56(2), 357–369. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.08.016>
- Dubiau, L. (2013). *Procesamiento de Lenguaje Natural en Sistemas de Análisis de Sentimientos*. Universidad de Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires.
- Dumas, J., & Fox, J. (2007). Usability Testing. In *The Human-Computer Interaction Handbook* (pp. 1129–1149). CRC Press. <https://doi.org/doi:10.1201/9781410615862.ch57>
- Dumas, J. S., & Redish, J. C. (1999). *A Practical Guide to Usability Testing* (1st ed.). Exeter, UK, UK: Intellect Books.
- Egozcue, J., Antich, J., Ballesta, F., & Goyanes, V. (1978). Genética Médica. Enfermedades génicas. F. Ballesta. *Espaxs. Barcelona*, 95.
- Ekman, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition & Emotion*, 6(3–4), 169–200.
- Ekman, P. (1999). Basic Emotions. In T. Dalgleish & M. Power (Eds.), *Handbook of cognition and emotion* (pp. 45–60). Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- El-Bishouty, M. M., Ogata, H., Rahman, S., & Yano, Y. (2010). Social knowledge awareness map for computer supported ubiquitous learning environment. *Educational Technology & Society*, 13(4), 27–37.
- Engelbart, D. C. (1970, November 17). Xy position indicator for a display system. Google Patents.
- Esteban, L., Vivas, A. B., & Estevez, A. F. (2014). Visual recognition memory enhancement in children through differential outcomes. *Acta Psychologica*, 150, 146–

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

152. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.05.005>

- F.A Mahmoud, A., A.F.Belal, M., & M.K. Helmy, Y. (2014a). Towards an Intelligent Tutoring System to Down Syndrome. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 6(6), 129–137. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2014.6610>
- F.A Mahmoud, A., A.F.Belal, M., & M.K. Helmy, Y. (2014b). Towards an Intelligent Tutoring System to Down Syndrome. *International Journal of Computer Science and Information Technology*, 6(6), 129–137. <https://doi.org/10.5121/ijcsit.2014.6610>
- Fakhraie, N. (2011). What's in a Note? Sentiment Analysis in Online Educational Forums. University of Toronto (Canada).
- Farkas, L. G., Katic, M. J., Forrest, C. R., & Litsas, L. (2001). Surface Anatomy of the Face in Down's Syndrome: Linear and Angular Measurements in the Craniofacial Regions. *Journal of Craniofacial Surgery*, 12(4). Retrieved from [http://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Fulltext/2001/07000/Surface\\_Anatomy\\_of\\_the\\_Face\\_in\\_Down\\_s\\_Syndrome\\_.11.aspx](http://journals.lww.com/jcraniofacialsurgery/Fulltext/2001/07000/Surface_Anatomy_of_the_Face_in_Down_s_Syndrome_.11.aspx)
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27(8), 861–874.
- Feng, J., Lazar, J., Kumin, L., & Ozok, A. (2010). Computer Usage by Children with Down Syndrome: Challenges and Future Research. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 2(3), 1–44. <https://doi.org/10.1145/1714458.1714460>
- Feng Zhou, R. J., Yangjian Ji, R. J., & Jiao, R. J. (2014). Prospect-Theoretic Modeling of Customer Affective-Cognitive Decisions Under Uncertainty for User Experience Design. *Human-Machine Systems, IEEE Transactions on*, 44(4), 468–483. <https://doi.org/10.1109/THMS.2014.2318704>
- Fernández-López, Á., Rodríguez-Fórtiz, M. J., Rodríguez-Almendros, M. L., & Martínez-Segura, M. J. (2013). Mobile learning technology based on iOS devices to support students with special education needs. *Computers & Education*, 61, 77–90. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.09.014>
- Ferreiro, R. (2012). *Cómo ser Mejor Maestro: el método ELI* (Vol. 3ra). Mexico: Trillas.
- Ferreiro, R., & Espino, M. (2009). *El ABC del aprendizaje cooperativo. Trabajo en Equipo para aprender a enseñar* (Vol. 2a ed.). Mexico: Trillas.
- Feuerstein, R., & Hoffman, M. B. (1995). *Programa de enriquecimiento instrumental: apoyo didáctico*. Madrid: Hadassah Wizo Canada Research Institute.
- Fleiss, J. L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378.
- Fletcher-Watson, S., Pain, H., Hammond, S., Humphry, A., & McConachie, H. (2016). Designing for young children with autism spectrum disorder: A case study of an iPad app. *International Journal of Child-Computer Interaction*.

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.03.002>

- Flórez, J. (1994). Patología cerebral en el síndrome de Down: aprendizaje y conducta. In *EL futuro empieza hoy* (pp. 27–39). Ediciones Pirámides.
- Friedrich, G., & Preiss, G. (2003). Neurodidáctica. *Mente Y Cerebro*, (4), 39–45.
- Ganyet, J. M. (2005). *Interacción humana con ordenadores*. Barcelona.
- García M., D. C., Bello M., A. R., & Martín M., B. G. (2010). Cognitive skills, behavior and learning potential of preschool children with Down syndrome. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(1), 87. Retrieved from <http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/new/english/ContadorArticulo.php?385>
- Gardner, H. (2001). *Estructuras de la mente: La teoría de las inteligencias múltiples*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Garruzzo, S., Rosaci, D., & Sarne, G. M. L. (2007). ISABEL: A multi agent e-learning system that supports multiple devices. In *Proceedings of the 2007 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology* (pp. 485–488). IEEE Computer Society.
- Gento Palacios, S., & Sánchez Manzano, E. (2009). Bases neurológicas y psicopedagógicas del tratamiento educativo de la diversidad. Madrid: UNED.
- Gerver, R. (2010). *Crear hoy la escuela del mañana. La educación y el futuro de nuestros hijos*. Madrid: Ediciones SM.
- Giori, C. (2013). *Kinect in Motion—Audio and Visual Tracking by Example*. Packt Publishing Ltd.
- Goleman, D. (2011a). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairo's.
- Goleman, D. (2011b). *Inteligencia emocional*. Barcelona: Kairo's. Retrieved from <http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwY2BQMLBMsjRNmWzMHOO5KTK1EQjyySLtEQzU8skk-Q08FU-7oEWkZfMAU7mXkiluZsQA1NqsSiDoptriLOHbimwnImHDmLEB4P68PGJpobgK0nEGHgTQQvA80rAG8VSAK7kHzk>
- Gomez Bermeo, P. F. (2017). *Análisis y Comparación del índice kappa para la identificación de patrones en personas ancianas*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Gómez Castro, J. F., & Cruz Zamorano, S. (2008). Síndrome de Down. *Carta de La Salud*, 148.
- González-Aguero, A., Vicente-Rodríguez, G., Gómez-Cabello, A., Ara, I., Moreno, L. A., & Casajús, J. A. (2011). A combined training intervention programme increases lean mass in youths with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6),

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

2383–2388. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.07.024>

- González-González, C. S., Cairós-González, M., & Navarro-Adelantado, V. (2013). EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas. *Actas Del XIV Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador*.
- González-González, C. S., & Navarro-Adelantado, V. (2015a). Métodos y técnicas de evaluación emocional para niños y niñas en vide.... Retrieved June 30, 2017, from <https://es.slideshare.net/cjgonza/mtodos-y-tnicas-de-evaluacin-emocional-para-nios-y-nias-en-videojuegos-activos>
- González-González, C. S., & Navarro-Adelantado, V. (2015b). Métodos y técnicas para la evaluación de la experiencia emocional de niños y niñas con videojuegos activos. In P. Ponsa, J. A. Román, & D. Guasch (Eds.), *XVI Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Interacción 2015* (pp. 141–151). Vilanova i la Geltrú. Barcelona. España: AIPO.
- González-González, C. S., Noda, A., Bruno, A., Moreno, L., & Muñoz, V. (2015). Learning subtraction and addition through digital boards: a Down syndrome case. *Universal Access in the Information Society*, 14(1), 29–44. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1007/s10209-013-0330-3>
- González-González, C. S., Toledo-Delgado, P., Padrón, M., Santos, E., & Cairos, M. (2013). Including gamification techniques in the design of Tango: H Platform. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 63(3), 77–84. <https://doi.org/10.11113/jt.v63.1958>
- González, C. S., Toledo, P., Padrón, M., Santos, E., & Cairos, M. (n.d.). TANGO : H : Creating Active Educational Games for Hospitalized Children ^, 135–142. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-00569-0>
- Gordon, I., Pierce, M. D., Bartlett, M. S., & Tanaka, J. W. (2014). Training facial expression production in children on the autism spectrum. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(10), 2486–98. <https://doi.org/10.1007/s10803-014-2118-6>
- Groen, M. A., Laws, G., Nation, K., & Bishop, D. M. (2006). A case of exceptional reading accuracy in a child with Down syndrome: Underlying skills and the relation to reading comprehension. *Cognitive Neuropsychology*, 23(8), 1190–1214. <https://doi.org/10.1080/02643290600787721>
- Guérin, B.-A. (2016). *ASP. NET en C# con Visual Studio 2015: Diseño y desarrollo de aplicaciones Web*. Ediciones ENI.
- Hall, S. S., Hammond, J. L., Hirt, M., & Reiss, A. L. (2012). A “learning platform” approach to outcome measurement in fragile X syndrome: a preliminary psychometric study. *Journal of Intellectual Disability Research*, 56(10), 947–960 14p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2012.01560.x>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

- Hamzah, M. S. J., Shamsuddin, S., Miskam, M. A., Yussof, H., & Hashim, K. S. (2014). Development of Interaction Scenarios Based on Pre-school Curriculum in Robotic Intervention for Children with Autism. *Procedia Computer Science*, 42, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.11.054>
- Harmon-Jones, C., Bastian, B., & Harmon-Jones, E. (2016). The Discrete Emotions Questionnaire: A New Tool for Measuring State Self-Reported Emotions. *PLoS One*, 11(8), e0159915.
- Harrison, R., Flood, D., & Duce, D. (2013). Usability of mobile applications: literature review and rationale for a new usability model. *Journal of Interaction Science*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1186/2194-0827-1-1>
- Hassan, A., & Danish, Z. (2015). Multi-touch User Interfaces to Treat Social, Communicative and Collaborative Impairments in Children with Autism: A Review. *International Journal of Computer Applications*, 117(7), 35–39. Retrieved from <http://www.ijcaonline.org/archives/volume117/number7/20570-2965>
- Hassan Montero, Y. (2015). *Experiencia de Usuario: Principios y Métodos*. Retrieved from [www.yusef.es](http://www.yusef.es)
- Hee-Ran, L. (2015). Literature Review on Gestural Intervention of Children with Autism Spectrum Disorders. *Special Education Research*, 14(3), 241–263. <https://doi.org/10.18541/ser.2015.10.14.3.241>
- Holzinger, A. (2013). Human–Computer Interaction and Knowledge Discovery (HCI-KDD): What Is the Benefit of Bringing Those Two Fields to Work Together? In *IFIP International Federation for Information Processing 2013* (pp. 319–328). A. Cuzzocrea et al.
- Hourcade, J. P. (2015). *Child-Computer Interaction*. Retrieved from <http://homepage.cs.uiowa.edu/~hourcade/book/child-computer-interaction-first-edition.pdf>
- Huizinga, J. (1943). *Homo ludens: el juego como elemento de la historia*. Lisboa: Azar.
- Huizinga, J. (1998). *Homo ludens: a study of the play-element in culture*.
- Huizinga, J. (2005). *Homo ludens* (Vol. 4181). Madrid: Alianza.
- Hyönä, J., Radach, R., & Deubel, H. (2003). *The mind's eye: cognitive and applied aspects of eye movement research*. Boston, Mass: North-Holland. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780444510204>
- IEEE. (2000). *IEEE-1471-2000: IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems*. IEEE Computer Society. Retrieved from <http://standards.ieee.org/catalog/software4.html#1471-2000>
- Imhof, B., Scheiter, K., Edelmann, J., & Gerjets, P. (2013). Learning about locomotion patterns: Effective use of multiple pictures and motion-indicating arrows. *Computers*

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

& *Education*, 65, 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.01.017>

- ISO. (1998). ISO 9241-11:1998 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>
- ISO. (2015a). *ISO/DIS 9241-960. Ergonomics of human-system interaction - Part 960: Framework and guidance for gesture interactions*. Geneva, Switzerland. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=62535](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=62535)
- ISO. (2015b). *ISO 9241-210:2010. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Geneva, Switzerland. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_ics/catalogue\\_detail\\_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=52075](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?ics1=35&ics2=180&ics3=&csnumber=52075)
- ISO. (2015c). *ISO 9241-210:2010. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. Geneva, Switzerland. Retrieved from [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue%7B\\_%7Dics/catalogue%7B\\_%7Ddetail%7B\\_%7Dics.htm?ics1=35%7B&%7Dics2=180%7B&%7Dics3=%7B&%7Dcsnumber=52075](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue%7B_%7Dics/catalogue%7B_%7Ddetail%7B_%7Dics.htm?ics1=35%7B&%7Dics2=180%7B&%7Dics3=%7B&%7Dcsnumber=52075)
- ISO. (2016). ISO/DIS 9241-11.2 Ergonomics of human-system interaction -- Part 11: Usability: Definitions and concepts. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:dis:ed-2:v2:en>
- ITER, I. T. de E. R. (2013a). *Tango:H. Manual de Usuario*. Santa Cruz de Tenerife - España: ITER.
- ITER, I. T. de E. R. (2013b). *Tango:H Designer. Manual de usuario*. Santa Cruz de Tenerife - España: ITER.
- Izard, C. E. (1991). *The psychology of emotions*. Springer Science & Business Media.
- Jared, S. J. (2013). *Kinect Hacks (Primera)*. United States of America: O'Reilly Media, Inc.
- Jarus, T., Ghanouni, P., Abel, R. L., Fomenoff, S. L., Lundberg, J., Davidson, S., ... Zwicker, J. G. (2015). Effect of internal versus external focus of attention on implicit motor learning in children with developmental coordination disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 37, 119–26. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.11.009>
- Jelsma, D., Ferguson, G. D., Smits-Engelsman, B. C. M., & Geuze, R. H. (2015). Short-term motor learning of dynamic balance control in children with probable Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 38, 213–22. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.12.027>
- Jeng, J. (2005). Usability Assessment of Academic Digital Libraries: Effectiveness, Efficiency, Satisfaction, and Learnability. *International Journal of Libraries and*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



*Information Studies*, 55(2–3), 96–121.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1515/LIBR.2005.96>

- Jenkins, H. (2008). *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. NYU Press.
- Jenkins, H. (2009). *Fans, bloggers y videojuegos. La cultura de la participación*. España: Book Print.
- John, B. E., & Kieras, D. E. (1996). Using GOMS for User Interface Design and Evaluation: Which Technique? *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 3(4), 287–319. <https://doi.org/10.1145/235833.236050>
- Johnson, L., Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition*. Austin, TX. Retrieved from <http://cdn.nmc.org/media/2015-nmc-horizon-report-k12-EN.pdf>
- Jones, A. C., Scanlon, E., & Clough, G. (2013). Mobile learning: Two case studies of supporting inquiry learning in informal and semiformal settings. *Computers & Education*, 61, 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.08.008>
- Jong, J.-T., Hong, J.-C., & Yen, C.-Y. (2013). Persistence temperament associated with children playing math games between touch panel and embodied interaction. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 569–578. <https://doi.org/10.1111/jcal.12017>
- Kalenji. (2012). *Kalenji: Manual de instrucciones de los relojes con acelerómetro 500 SD*. China: Kalenji.
- Kaniel, S., & Feuerstein, R. (1989). Special Needs of Children with Learning Difficulties. *Oxford Review of Education*, 15(2), 165.
- Katsis, C. D., Katertsidis, N. S., & Fotiadis, D. I. (2011). An integrated system based on physiological signals for the assessment of affective states in patients with anxiety disorders. *Biomedical Signal Processing and Control*, 6(3), 261–268. <https://doi.org/http://doi.org/10.1016/j.bspc.2010.12.001>
- Keskinen, T., Heimonen, T., Turunen, M., Rajaniemi, J.-P., & Kauppinen, S. (2012). SymbolChat: A flexible picture-based communication platform for users with intellectual disabilities. *Interacting with Computers*, 24(5), 374–386. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2012.06.003>
- Khowaja, K., & Salim, S. S. (2013). A systematic review of strategies and computer-based intervention (CBI) for reading comprehension of children with autism. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(9), 1111–1121. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2013.05.009>
- Kim, M. J., Wang, X., Han, S., & Wang, Y. (2015). Implementing an augmented reality-enabled wayfinding system through studying user experience and requirements in complex environments. *Visualization in Engineering*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40327-015-0026-2>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report*. Keele, UK. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.122.3308>
- Koffka, K. (1935). *Principles of Gestalt Psychology* (1st ed.). Abingdon: Routledge.
- Kortum, P. (2008). *HCI beyond the GUI: design for haptic, speech, olfactory and other nontraditional interfaces*. Elsevier/Morgan Kaufmann. Retrieved from <https://www.elsevier.com/books/hci-beyond-the-gui/kortum/978-0-12-374017-5>
- Kumar, S. (2014). Application of Bradford's Law to Human-Computer Interaction Research Literature. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 34(3), 223–231. Retrieved from [http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMw3V27TsMwFLVKJySEQIB4Sp5YqqAkjp1kYOgLRZALUOnyIlt6ECLmnTnN\\_g9vgQ\\_lbRswMSawY19nOt7j-89FwAUXvnehk0gjKQMR5wj5oe5oIySAvkU4Vygumip6R09nZKHXnzXarnuQPWz\\_wB8t76SVp6guizXCew2qyEt9Z2AdDk1f--5tg6GG7Sdw10-nt](http://uned.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMw3V27TsMwFLVKJySEQIB4Sp5YqqAkjp1kYOgLRZALUOnyIlt6ECLmnTnN_g9vgQ_lbRswMSawY19nOt7j-89FwAUXvnehk0gjKQMR5wj5oe5oIySAvkU4Vygumip6R09nZKHXnzXarnuQPWz_wB8t76SVp6guizXCew2qyEt9Z2AdDk1f--5tg6GG7Sdw10-nt)
- Kurosu, M. (2013). *Human-Computer Interaction. Towards Intelligent and Implicit Interaction: 15th International Conference, HCI International 2013 Proceedings, Part V* (Vol. 8008). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39342-6>
- Kushki, A., Chau, T., & Anagnostou, E. (2011). Handwriting Difficulties in Children with Autism Spectrum Disorders: A Scoping Review. *JOURNAL OF AUTISM AND DEVELOPMENTAL DISORDERS*, 41(12), 1706–1716. <https://doi.org/10.1007/s10803-011-1206-0>
- La Gaceta. (2016). Pablo Pineda, licenciado en psicopedagogía con síndrome de down - YouTube. Retrieved May 28, 2017, from <https://www.youtube.com/watch?v=DUjYeIJjw5k>
- Laeng, B., Bloem, I. M., D'Ascenzo, S., & Tommasi, L. (2014). Scrutinizing visual images: The role of gaze in mental imagery and memory. *Cognition*, 131(2), 263–283. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2014.01.003>
- Lahiri, U., Bekele, E., Dohrmann, E., Warren, Z., & Sarkar, N. (2013). Design of a virtual reality based adaptive response technology for children with autism. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 21(1), 55–64. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2012.2218618>
- Lecas, J.-F., Mazaud, A.-M., Reibel, E., & Rey, A. (2011). Using visual strategies to support verbal comprehension in an adolescent with Down syndrome. *Child Language Teaching and Therapy*, 27(1), 84–96. <https://doi.org/10.1177/0265659010371564>
- Lee, Y., & Kwon, Y. (2013). Understanding Mechanisms in Transitive Inferences: An Eye-

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

Tracking Study in Korean Reading. *Perceptual and Motor Skills*, 117(3), 761–774.  
<https://doi.org/10.2466/22.24.PMS.117x28z1>

Levac, D., Rivard, L., & Missiuna, C. (2012). Defining the active ingredients of interactive computer play interventions for children with neuromotor impairments: a scoping review. *Research in Developmental Disabilities*, 33(1), 214–23.  
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.09.007>

Levallois, C. (2013). Umigon: sentiment analysis for tweets based on lexicons and heuristics. *Atlanta, Georgia, USA*, 414.

Lopatovska, I., & Arapakis, I. (2011). Theories, methods and current research on emotions in library and information science, information retrieval and human–computer interaction. *Information Processing and Management*, 47(4), 575–592.  
<https://doi.org/10.1016/j.ipm.2010.09.001>

Lorincz, A., Jeni, L., Szabo, Z., Cohn, J., & Kanade, T. (2013). Emotional expression classification using time-series kernels. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 889–895).

Lunt, B. M., Ekstrom, J. J., Gorka, S., Hislop, G., Kamali, R., Lawson, E., ... (Chair), B. M. L. (2008). *Information Technology 2008: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Technology. Communications of the ACM* (Vol. Informatio). <https://doi.org/10.1145/362552.362554>

Magerkurth, C., Cheok, A. D., Mandryk, R. L., & Nilsen, T. (2005). Pervasive games: bringing computer entertainment back to the real world. *Computers in Entertainment (CIE)*, 3(3), 4.

Marcelli, D., & Cohen, D. (2007). *Manual de Psicopatología del niño (7ma.)*. Barcelona: Elsevier Masson.

Marco, J., Cerezo, E., & Baldassarri, S. (2012). Bringing tabletop technology to all: evaluating a tangible farm game with kindergarten and special needs children. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(8), 1577–1591.  
<https://doi.org/10.1007/s00779-012-0522-5>

Margetis, G., Zabulis, X., Koutlemanis, P., Antona, M., & Stephanidis, C. (2013). Augmented interaction with physical books in an Ambient Intelligence learning environment. *Multimedia Tools and Applications*, 67(2), 473–495.  
<https://doi.org/10.1007/s11042-011-0976-x>

Marhan, A. M., Micle, M. I., Popa, C., & Preda, G. (2012). A review of mental models research in child-computer interaction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 33, 368–372. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.145>

Marti, P., & Giusti, L. (2010). A robot companion for inclusive games: A user-centred design perspective. In *2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 4348–4353). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509385>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Martínez Cámara, E., Valdivia, M., Teresa, M., Perea Ortega, J. M., & Ureña López, L. A. (2011). Técnicas de clasificación de opiniones aplicadas a un corpus en español.
- Martos-Crespo, F. (2006). *Guía para la atención educativa de los alumnos y alumnas con Síndrome de Down*. Granada: Federación Andaluza de Asociaciones para el Síndrome de Down. Retrieved from [http://www.downgranada.org/downloads/Guia para la atencion educativa de los alumnos con sindrome down.pdf](http://www.downgranada.org/downloads/Guia_para_la_atencion_educativa_de_los_alumnos_con_sindrome_down.pdf)
- Méndez, Y. A., Collazos, C. A., Granollers, T., & Gil-Iranzo, R. (2014). Emociones en la Interacción Humano Computadora. In *Temas de Diseño en Interacción Humano-Computadora* (1ra. Editi, pp. 205–226). Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn).
- Mhiri, F., & Ratté, S. (2009). AARTIC: Development of an Intelligent Environment for Human Learning. In *Proceedings of the 14th Annual ACM SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (p. 359). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/1562877.1563001>
- Mich, O., Pianta, E., & Mana, N. (2013). Interactive stories and exercises with dynamic feedback for improving reading comprehension skills in deaf children. *Computers & Education*, 65, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.01.016>
- Microsoft. (2013a). JointType Enumeration. Retrieved June 20, 2017, from <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>
- Microsoft. (2013b). Kinect for Windows Architecture, desde <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131023.aspx>.
- Miles, R. (2012). *Learn the KINECT API. Start Here!* (K. Borg, Ed.). California: Microsoft Corporation.
- Moher, D. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), 264. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Mombarg, R., Jelsma, D., & Hartman, E. (2013). Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Research in Developmental Disabilities*, 34(9), 2996–3003. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.06.008>
- Motti, L., Vigouroux, N., & Gorce, P. (2013). Interaction techniques for older adults using touchscreen devices: a literature review. In *Proceedings of the 25ème conférence francophone on l'interaction homme-machine* (pp. 125–134). ACM. <https://doi.org/10.1145/2534903.2534920>
- Muro Haro, B., Santana Mamcilla, P., & García Ruiz, M. (2012). Uso de interfaces tangibles en la enseñanza de lectura a niños con síndrome de Down. *El Hombre Y La Máquina*, 19–25.
- Nadel, L. (2003). Down's syndrome: a genetic disorder in biobehavioral perspective.

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

*Genes, Brain, and Behavior*, 2(3), 156–166.

- Næss, K.-A. B., Melby-Lervåg, M., Hulme, C., & Lyster, S.-A. H. (2012). Reading skills in children with Down syndrome: a meta-analytic review. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 737–47. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.09.019>
- Narváez Ríos, M. M. (2016). *Análisis y reconocimiento de la expresión facial de la emoción en video de personas con demencia*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Navalpakkam, V., & Churchill, E. F. (2014). Eye Tracking: A Brief Introduction. In J. S. Olson & W. A. Kellogg (Eds.), *Ways of Knowing in HCI* (pp. 323–348). New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0378-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0378-8_13)
- Navarro, V., Gonzalez, C. S., Castillo, J. M. del, Quirce, C., & Cairós, M. (2013). Un programa integrado juego motor-videjuego activo para desarrollar hábitos saludables. In *II Simposio Internacional de Políticas Educativas y Buenas Prácticas TIC*. Santa Cruz de Tenerife - España.
- Ng, Y. Y., & Khong, C. W. (2014). A review of affective user-centered design for video games. *User Science and Engineering (I-USER), 2014 3rd International Conference on*. <https://doi.org/10.1109/IUSER.2014.7002681>
- Niedenthal, P. M., Krauth-Gruber, S., & Ric, F. (2006). *Psychology of emotion: Interpersonal, experiential, and cognitive approaches*. Psychology Press.
- Nielsen, J. (1994). Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 152–158). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/191666.191729>
- O'Malley, C., & Stanton Fraser, D. (2004). *Literature Review in Learning with Tangible Technologies* (report 12). A NESTA Futurelab Research report. Retrieved from <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190328>
- Oatley, K., & Johnson-Laird, P. N. (2014). Cognitive approaches to emotions. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(3), 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.12.004>
- Ohno, T., Hara, K., & Inagaki, H. (2008). Simple-to-Calibrate Gaze Tracking Method. In R. I. Hammoud (Ed.), *Passive Eye Monitoring: Algorithms, Applications and Experiments* (pp. 111–131). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-75412-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-75412-1_5)
- Padilla-Zea, N., González Sánchez, J. L., Gutiérrez Vela, F. L., Abad-Arranz, A., & López-Arcos, J. R. (2012). Evaluación de Emociones en Videjuegos Educativos. El caso particular de los Niños.
- Pang, B., Lee, L., & Vaithyanathan, S. (2002). Thumbs up?: sentiment classification using machine learning techniques. In *Proceedings of the ACL-02 conference on Empirical methods in natural language processing-Volume 10* (pp. 79–86). Association for Computational Linguistics.

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Panksepp, J. (2004). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. Oxford university press.
- Parés, N., Carreras, A., Durany, J., Ferrer, J., Freixa, P., Gómez, D., ... Sanjurjo, À. (2006). Starting Research in Interaction Design with Visuals for Low-Functioning Children in the Autistic Spectrum: A Protocol. *CyberPsychology & Behavior*, 9(2), 218–223. Retrieved from <http://10.0.4.65/cpb.2006.9.218>
- Passera, S. (2012). Enhancing Contract Usability and User Experience Through Visualization - An Experimental Evaluation. In *2012 16th International Conference on Information Visualisation* (pp. 376–382). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IV.2012.69>
- Perikos, I., & Hatzilygeroudis, I. (2016). Recognizing emotions in text using ensemble of classifiers. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 51, 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2016.01.012>
- Pernice, K., & Nielsen, J. (2009). *How to Conduct Eyetracking Studies*. Freemont, USA. Retrieved from <https://www.nngroup.com/reports/how-to-conduct-eyetracking-studies/>
- Perry, D. E., & Wolf, A. L. (1992). Foundations for the Study of Software Architecture. In *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* (pp. 40–52). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1145/141874.141884>
- Piaget, J. (1961). *La formación del símbolo en el niño: imitación, juego y sueño : imagen y representación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Piaget, J. (1962). The relation of affectivity to intelligence in the mental development of the child. *Bulletin of the Menninger Clinic*, 26(3), 129.
- Piaget, J. (1970). *Psicología de la inteligencia*. Buenos Aires: Psique.
- Piaget, J., & Gabain, M. (1932). The Child's Conception of Physical Causality. *The American Journal of Psychology*, 44(3), 612–614. <https://doi.org/10.2307/1415393>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). *The Child's Conception of Space*.
- Picard, R. W. (1995). Affective Computing, (321), 1–16. <https://doi.org/10.1007/BF01238028>
- Picard, R. W., Papert, S., Bender, W., Blumberg, B., Breazeal, C., Cavallo, D., ... Strohecker, C. (2004). Affective learning - a manifesto. *BT Technology Journal*, 22(4), 253–268. <https://doi.org/10.1023/B:BTTJ.0000047603.37042.33>
- Pietrosemoli, L. (2007). Análisis del discurso en poblaciones especiales: la conversación con afásicos. *Análisis Del Discurso:¿ Por Qué Y Para Qué*, 303–320.
- Ponsa, P., Urbina, C., Manresa-Yee, C., & Vilanova, R. (2014). A Usability Study Case of a Vision-Based Gesture Interface. In *Proceedings of the XV International Conference*

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

on *Human Computer Interaction* (p. 26:1--26:5). New York, NY, USA: ACM.  
<https://doi.org/10.1145/2662253.2662279>

- Prawel, D., Barros, J., Bedford, K., & Barton, D. (1990). Tools for visual data analysis: user experiences. In *Proceedings of the 1st conference on visualization '90* (pp. 391–392). IEEE Computer Society Press.
- Pueschel, S. M. (1995). Guidelines for optimal medical care of persons with Down syndrome. *Acta Paediatrica*, 84(7), 823–827.
- Pueschel, S. M., Gallagher, P. L., Zartler, A. S., & Pezzullo, J. C. (1987). Cognitive and learning processes in children with Down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 8(1), 21.
- Purser, H. R. M., & Jarrold, C. (2013). Poor phonemic discrimination does not underlie poor verbal short-term memory in Down syndrome. *Journal of Experimental Child Psychology*, 115(1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2012.12.010>
- Ratz, C. (2013). Do students with Down syndrome have a specific learning profile for reading? *Research in Developmental Disabilities*, 34(12), 4504–14. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.09.031>
- Ricci, L., & Osipova, A. (2012). Visions for literacy: parents' aspirations for reading in children with Down syndrome. *British Journal of Special Education*, 39(3), 123–129. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8578.2012.00547.x>
- Robinson, K., & Aronica, L. (2015). *Escuelas Creativas. La revolución está transformando la educación*. Barcelona: Grijalbo.
- Rodríguez Plaza, A. B., & Mullet, E. B. (2014). *Buenas prácticas en inclusión educativa: Las adaptaciones curriculares*. (E. B. Mullet & M. Díaz Orgaz, Eds.) (Down España). Madrid, España: Down España.
- Rogers, Y., Bannon, L., & Button, G. (1994). Rethinking Theoretical Frameworks for HCI. In *INTERCHI '93 Workshop* (Vol. 26, pp. 28–30). Amsterdam: ACM. <https://doi.org/10.1145/181526.181530>
- Rosenblum, S., & Regev, N. (2013). Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Research in Developmental Disabilities*, 34(1), 218–227. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.07.011>
- Ruecker, M. T., & Pinkwart, N. (2016). Review and Discussion of Children's Conceptions of Computers. *JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION AND TECHNOLOGY*, 25(2), 274–283. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9592-2>
- Ruiz Sánchez, C., López Moreno, R., & Casado Molina, M. J. (2010). Adaptación de libros de texto. Una herramienta didáctica para los niño/as con Síndrome de Down. In Real Patronato sobre Discapacidad (Ed.), *II Congreso Iberoamericano sobre el Síndrome*

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- de Down: La fuerza de la visión compartida* (pp. 185–196). Granada-España.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., & Booch, G. (2005). *The Unified Modeling Language. Reference Manual*. (Second Edi). Boston: Addison-Wesley.
- Russell, J. A., & Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of Research in Personality*, *11*(3), 273–294.
- Sanjuán Torres, P., & Rodríguez Plaza, A. B. (2013). *Orientaciones para el apoyo a la inclusión educativa*. (E. B. Mullet & M. Díaz Orgaz, Eds.) (Down Españ). Madrid, España: Down España.
- Sanna, A., Lamberti, F., Paravati, G., & Rocha, F. D. (2013). A kinect-based interface to animate virtual characters. *Journal on Multimodal User Interfaces*, *7*(4), 269–279. <https://doi.org/10.1007/s12193-012-0113-9>
- Santamaría, A. S. (2009). Trisomy 21: Fifty Years of History. *International Medical Review on Down Syndrome*, *13*(3), 33. [https://doi.org/10.1016/S2171-9748\(09\)70024-8](https://doi.org/10.1016/S2171-9748(09)70024-8)
- Schmuller, J. (2013). *Statistical Analysis with Excel For Dummies* (3rd Editio). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Seo, Y.-J., & Woo, H. (2010). The identification, implementation, and evaluation of critical user interface design features of computer-assisted instruction programs in mathematics for students with learning disabilities. *Computers & Education*, *55*(1), 363–377. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.002>
- Shahin, M., Ahmed, B., Parnandi, A., Karappa, V., McKechnie, J., Ballard, K. J., & Gutierrez-Osuna, R. (2015). Tabby Talks: An automated tool for the assessment of childhood apraxia of speech. *Speech Communication*, *70*, 49–64. <https://doi.org/10.1016/j.specom.2015.04.002>
- Shapiro, B. L., Hermann, J., & Opitz, J. M. (1983). Down syndrome—a disruption of homeostasis. *American Journal of Medical Genetics Part A*, *14*(2), 241–269.
- Shaver, P., Schwartz, J., Kirson, D., & O'connor, C. (1987). Emotion knowledge: further exploration of a prototype approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, *52*(6), 1061.
- Shayakhmetova, A. (2017). Multi-agent Smart-System of Distance Learning for People with Vision Disabilities. *Smart Education and E-Learning 2017*, *75*, 154.
- Shen, C., Wu, Y.-C. J., & Lee, T. (2014). Developing a NFC-equipped smart classroom: Effects on attitudes toward computer science. *Computers in Human Behavior*, *30*, 731–738. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.002>
- Sheu, F. R., & Chen, N. S. (2014). Taking a signal: A review of gesture-based computing research in education. *COMPUTERS & EDUCATION*, *78*, 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.008>

Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31



- Shic, F. (2013). Eye-Tracking. In F. R. Volkmar (Ed.), *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* (pp. 1208–1213). New York, NY: Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3\\_1474](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3_1474)
- Shih, C.-H., Shih, C.-T., & Chu, C.-L. (2010). Assisting people with multiple disabilities actively correct abnormal standing posture with a Nintendo Wii balance board through controlling environmental stimulation. *Research in Developmental Disabilities, 31*(4), 936–42. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.03.004>
- Shivhare, S. N., & Saritha, S. K. (2014). Emotion Detection From Text Documents. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process, 4*(6), 51–57. <https://doi.org/10.5121/ijdkp.2014.4605>
- Siemens, G. (2013). Learning Analytics: The Emergence of a Discipline. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. D. (2012). Learning analytics and educational data mining. *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12*, 252. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Siemens, G., Schreibman, S., & Unsworth, J. (2004). *A companion to digital humanities* (Vol. 26). Malden, MA: Blackwell.
- Simpson, A., El-Refaie, A., Stephenson, C., Chen, Y.-P. P., Deng, D., Erickson, S., ... Caelli, T. (2014). Computer-Based Rehabilitation for Developing Speech and Language in Hearing-Impaired Children: A Systematic Review. *Deafness & Education International, 17*(2), 111–119. <https://doi.org/10.1179/1557069X14Y.0000000046>
- Smith, G. F., & Berg, J. M. (1978). Síndrome de Down. *Barcelona, España: Editorial Científico Médica*.
- Stake, R. E. (1976). Evaluating Educational Programmes: The Need and the Response.
- Stasolla, F., Damiani, R., Perilli, V., D'Amico, F., Caffò, A. O., Stella, A., ... Leone, A. Di. (2015). Computer and microswitch-based programs to improve academic activities by six children with cerebral palsy. *Research in Developmental Disabilities, 45–46*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.07.005>
- Sternberg, R. J. (1999). *Estilos de pensamiento: claves para identificar nuestro modo de pensar y enriquecer nuestra capacidad de reflexión* (Vol. 12). Barcelona [etc]: Paidós.
- Stone, P. J., Dunphy, D. C., & Smith, M. S. (1966). The general inquirer: A computer approach to content analysis.
- Strapparava, C., & Valitutti, A. (2004). WordNet Affect: an Affective Extension of WordNet. In *LREC* (Vol. 4, pp. 1083–1086). Citeseer.
- Strauss, R. P., Feuerstein, R., Mintzker, Y., Rand, Y., & Wexler, M. R. (1989). Ordinary

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Faces - Down Syndrome, Facial Surgery, Active Modification, and Social Perceptions. *American Journal of Mental Retardation : AJMR*, 94(2), 115–118.

- Sutherland, I. E. (1963). *Sketchpad: A Man-Machined Graphical Communication System*. Massachusetts Institute of Technology: MIT. Retrieved from <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/14979>
- Swartz, M. K. (2011). The PRISMA statement: a guideline for systematic reviews and meta-analyses. *Journal of Pediatric Health Care : Official Publication of National Association of Pediatric Nurse Associates & Practitioners*, 25(1), 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.pedhc.2010.09.006>
- Tabatabaei, S. M., & Chalechale, A. (2014). Using DLBP texture descriptors and SVM for Down syndrome recognition. In *2014 4th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)* (pp. 554–558). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCKE.2014.6993392>
- Tobii Technology. (2004). *Tobii Studio User's Manual*. Tobii Technology AB. Retrieved from <http://www.tobii.com/siteassets/tobii-pro/user-manuals/tobii-pro-studio-user-manual.pdf>
- Tobii Technology. (2009). *Tobii T60 XL Eye Tracker*. Suecia: Tobii Technology AB.
- Tobii Technology. (2014). *Tobii TX300 Eye Tracker. User Manual* (2nd ed.). Tobii Technology AB. Retrieved from <http://www.tobii.com/>
- Toki, E. I., & Pange, J. (2010). The design of an expert system for the e-assessment and treatment plan of preschoolers' speech and language disorders. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 815–819. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.240>
- Tongda, Xiao, Yueting, & Hamid. (2014). Human Computer Interaction Activity Based User Identification. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 4(4), 354–358. <https://doi.org/10.7763/IJMLC.2014.V4.436>
- Torrente, J., Freire, M., Moreno-Ger, P., & Fernández-Manjón, B. (2015). Evaluation of semi-automatically generated accessible interfaces for educational games. *Computers & Education*, 83, 103–117. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.01.002>
- Torres-Carrión, P. (2017). *Evaluación de Estrategias de Aprendizaje con HCI Kinect en alumnos con Síndrome de Down*. Universidad Nacional de Educación a Distancia - España.
- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2015). Facial Emotion Analysis in Down's syndrome children in classroom. *Interaccion 2015*, (Interaccion 2015). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2829875.2829882>
- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2016a). Children Gestural-Computer Interaction for Educational and Inclusive Settings. A Systematic Review of Research and Applications. (*In Process*).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

- Torres-Carrion, P., & Gonzalez-Gonzalez, C. (2016b). Personalization of classroom's digital resources with Gestural-Human Computer Interaction. Application to Children with Down Syndrome. In *11 Congreso Colombiano de Computación*. Popayán-Colombia: IEEE Xplore Digital Library.
- Torres-Carrion, P., Gonzalez-Gonzalez, C., & Mora Carreño, A. (2014). Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome. *XV International Conference on Human Computer Interaction*, 12–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2662253.2662274>
- Torres-Carrion, P., González-González, C. S., & Mora Carreño, A. (2014). Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome. *XV International Conference on Human Computer Interaction*, 12–15. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1145/2662253.2662274>
- Torres-Carrion, P. V., & Gonzalez-Gonzalez, C. S. (2017). Instrumento observacional para la evaluación emocional continua en videojuegos adaptada a personas con Síndrome de Down. In C. S. González-González (Ed.), *V Congreso Internacional de Videojuegos Educativos CIVE 2017*. Puerto de la Cruz - Tenerife - España.
- Torres-Carrion, P. V., Gonzalez-Gonzalez, C. S., Barba-Guamán, R., & Torres-Torres, A. C. (2017). Experiencia Afectiva de Usuario(UAX): Modelo desde sensores biométricos en aula de clase con plataforma gamificada de Interacción Gestual. In *V Congreso Internacional de Videojuegos Educativos*. Puerto de la Cruz - Tenerife - España.
- Tressoldi, P., Vio, C., & Iozzino, R. (2007). Efficacy of an intervention to improve fluency in children with developmental dyslexia in a regular orthography. *Journal of Learning Disabilities*, 40(3), 203–209 7p. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ccm&AN=106180305&lang=es&site=ehost-live>
- Troncoso, M. V., & Flórez, J. (2011). Comprensión en la lectura de las personas con síndrome de Down. *Revista Síndrome de Down: Revista española de investigación e información sobre el Síndrome de Down*. Fundación Síndrome de Down de Cantabria.
- UNESCO. (2012). *The International Standard Classification of Education 2011* (First). Montreal, Quebec, Canada: UNESCO Institute for Statistics. Retrieved from <http://www.uis.unesco.org>
- Uzelac, A., Gligoric, N., & Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. *COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR*, 53, 427–434. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.023>
- Väljataga, T., & Fiedler, S. (2014). Going Digital: Literature Review on E-textbook. In P. Zaphiris & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Designing and Developing Novel Learning Experiences* (Vol. 8523, pp. 138–148). Cham:

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07482-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07482-5_14)

- Visu-Petra, L., Benga, O., Tincas, I., & Miclea, M. (2007). Visual-spatial processing in children and adolescents with Down's syndrome: a computerized assessment of memory skills. *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 942–952 11p. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2007.01002.x>
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Paidós.
- Wagner, A., Rudraraju, R., Datla, S., Banerjee, A., Sudame, M., & Gray, J. (2012). Programming by voice. In *Proceedings of the 2012 ACM annual conference extended abstracts on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts - CHI EA '12* (p. 2087). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2212776.2223757>
- Wajuihian, S. O., & Otabor, S. (2016). Down syndrome: An overview. *African Vision and Eye Health*, 75(1), 6 pages. <https://doi.org/10.4102/aveh.v75i1.346>
- Wang, H., Chen, X., Wu, Q., Yu, Q., Hu, X., Zheng, Z., & Bouguettaya, A. (2017). Integrating Reinforcement Learning with Multi-Agent Techniques for Adaptive Service Composition. *ACM Trans. Auton. Adapt. Syst.*, 12(2), 8:1--8:42. <https://doi.org/10.1145/3058592>
- Wen, W., Liu, G., Cheng, N., Wei, J., Shangguan, P., & Huang, W. (2014). Emotion Recognition Based on Multi-Variant Correlation of Physiological Signals. *IEEE Transactions on Affective Computing*. PISCATAWAY: IEEE. <https://doi.org/10.1109/TAFFC.2014.2327617>
- Wexler, M. R., Peled, I. J., Rand, Y., Mintzker, Y., & Feuerstein, R. (1986). Rehabilitation of the face in patients with Down's syndrome. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 77(3), 383.
- Wickham, H. (2014). *Advanced R*. Florida, US: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Windows Apps Team. (2017). Building a Telepresence App with HoloLens and Kinect - Building Apps for WindowsBuilding Apps for Windows. Retrieved April 27, 2017, from <https://blogs.windows.com/buildingapps/2017/04/18/building-telepresence-app-hololens-kinect/#Ku72xlb8A4R6QGld.97>
- Wishart, J. G. (2007). Socio-cognitive understanding: a strength or weakness in Down's syndrome? *Journal of Intellectual Disability Research*, 51(12), 996–1005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2788.2007.01007.x>
- Wisniewski, K. E., & Bobinski, M. (1995). Estructura y función del sistema nervioso en el síndrome de Down. *Perera J, Director. Síndrome de Down, Aspectos Específicos. Barcelona: Editorial Masson*, 11–26.
- Wuang, Y.-P., Chiang, C.-S., Su, C.-Y., & Wang, C.-C. (2011). Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in children with Down syndrome. *Research in*

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

*Developmental Disabilities*, 32(1), 312–21.  
<https://doi.org/10.1016/j.ridd.2010.10.002>

Wukmir, V. J. (1967). Emoción y sentimiento. *Endoantropología Elemental*. Edt. *Biopsichology*.

Yarosh, S., Radu, I., Hunter, S., & Rosenbaum, E. (2011). Examining values: an analysis of nine years of IDC research. In *Proceedings of the 10th International Conference on interaction design and children* (pp. 136–144). ACM.  
<https://doi.org/10.1145/1999030.1999046>

Zaiontz, C. (2015). Real Statistics Using Excel. [www.real-statistics.com](http://www.real-statistics.com). Florida, US.

Zhang, X., & MacKenzie, I. S. (2007). Evaluating eye tracking with ISO 9241-Part 9. In *Human-Computer Interaction. HCI Intelligent Multimodal Interaction Environments* (pp. 779–788). Heidelberg, Germany: Springer Berlin Heidelberg.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-540-73110-8\\_85](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73110-8_85)

Zhou, F., Lei, B., Liu, Y., & Jiao, R. J. (2017). Affective parameter shaping in user experience prospect evaluation based on hierarchical Bayesian estimation. *Expert Systems with Applications*, 78, 1–15.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2017.02.003>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

## ANEXOS

<a href="#">Anexo 1. Publicaciones realizadas durante la investigación</a> .....	257
<a href="#">Anexo 2. Permisos de los Padres/representantes legales de estudiantes ATT21</a> .....	268
<a href="#">Anexo 3. Evidencia fotográfica de interacción con Tango:H en ATT21</a> .....	269
<a href="#">Anexo 4. Estructura General del Kit de herramientas Microsoft.Kinect</a> .....	271
<a href="#">Anexo 5. Configuración y calibración de Tobii X60 XL Eye-Tracker</a> .....	277
<a href="#">Anexo 6. Formatos de validación de EMODIANA (1 muestra por cada estudiante)</a> ..	280
<a href="#">Anexo 7. Clases de Tango:H Cliente</a> .....	286
<a href="#">Anexo 8. Detalle de Emociones Básicas</a> .....	287
<a href="#">Anexo 9. HCI en el contexto de las Ciencias de la Computación según ACM/IEEE</a> .	288

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Anexo 1. Publicaciones realizadas durante la investigación

**Título:** Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome

**Tipo:** Article

**Evento:** Interaction'14 - XV International Conference on Human Computer Interaction

**Fecha realización /publicación:** Septiembre de 2014



[SIGN IN](#) [SIGN UP](#)

### Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome

Full Text: [Get this Article](#)

Authors: [Pablo Torres-Carrión](#) [Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador](#)  
[Carina González-González](#) [Universidad de La Laguna, España](#)  
[Alberto Mora Carreño](#) [Universidad de La Laguna, España](#)

2014 Article

- Tutorial
- Research
- Refereed limited

Published in:

- Proceeding
- [Interacción '14](#) Proceedings of the XV International Conference on Human Computer Interaction
- Article No. 21

Bibliometrics

- Citation Count: 1
- Downloads (cumulative): 88
- Downloads (12 Months): 25
- Downloads (6 Weeks): 5

Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain — September 10 - 12, 2014  
 ACM New York, NY, USA ©2014  
[table of contents](#) ISBN: 978-1-4503-2880-7 doi>[10.1145/2662253.2662274](https://doi.org/10.1145/2662253.2662274)

#### Tools and Resources

- [Buy this Article](#)
- [Recommend the ACM DL to your organization](#)
- [Request Permissions](#)
- TOC Service:
  - [Email](#) [RSS](#)
- [Save to Binder](#)
- Export Formats:
  - [BibTeX](#) [EndNote](#) [ACM Ref](#)
- Share:
  - [Facebook](#) [Google+](#) [Twitter](#) [LinkedIn](#) [StumbleUpon](#) [Reddit](#) [Print](#)

Author Tags

[Contact Us](#) | Switch to [single page view](#) (no tabs)

- Abstract**
- Authors
- References
- Cited By
- Index Terms
- Publication
- Reviews
- Comments
- Table of Contents

This document describes a methodology applicable to emotions assessment in education and rehabilitation activities for people with Down Syndrome (henceforth DS). This methodology is organized in three assessment phases and include the Tango:H platform to active games based in Kinect, a tool for subjective evaluation of emotions called EMODIANA and a tool for automatic evaluation of emotions called HER. Furthermore, an observational methodology is presented, which allows the emotional evaluation through verbal and nonverbal observation and social interactions.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Methodology of emotional evaluation in education and rehabilitation activities for people with Down syndrome

Pablo Torres-Carión  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Ecuador  
pvtorres@utpl.edu.ec

Carina González-González  
Universidad de La Laguna  
Spain  
cjgonza@ull.edu.es

Alberto Mora Carreño  
Universidad de La Laguna  
Spain  
amoracar@ull.edu.es

### ABSTRACT

This document describes a methodology applicable to emotions assessment in education and rehabilitation activities for people with Down Syndrome (henceforth DS). This methodology is organized in three assessment phases and include Tango:H platform to active games based in Kinect, a tool for subjective evaluation of emotions called EMODIANA and a tool for automatic evaluation of emotions called HER. Furthermore, an observational methodology is presented, which allows the emotional evaluation through verbal and nonverbal observation and social interactions.

### Categories and Subject Descriptors

K.4.2. [Computers and Society]: Computing Milieux – Social Issues: *Assistive technologies for persons with disabilities.*

### General Terms

Human Factors, Theory.

### Keywords

Down Syndrome, HCI, AI, Digital Learning

### 1. INTRODUCCIÓN

Currently, Down syndrome is the most prevalent known cause of intellectual disability [3]. It is emphasized that this is not a disease, but that like all syndrome has a set of signs and symptoms, intellectual disability being the only universal symptom. In this sense, they show troubles in the perceptual-cognitive and psychological level, communication level, psychomotor level and personal autonomy level.

On the other hand, some characteristics of persons with Down syndrome are related to health problems. The following are the most relevant when it comes to interventions that enhance their autonomy: [1]:

- Locomotor system: muscle hypotonia, ligamentous laxity, adio-axial instability, shortness of limbs, spinal problems, pelvis and thorax. Cardiorespiratory system:

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee

INTERACCIÓN' 2014 Conference, Sep 10-12, 2014, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Copyright 2014 ACM ISBN 978-1-4503-2880-7 \$15.00.

heart disease, infections and other lung problems.

- Oral and gastrointestinal tract: dental pieces coming out late and badly, gum problems, atypical swallowing, vomiting, celiac disease and constipation.
- Sensory organs: vision (cataracts, myopia, hyperopia, strabismus), hearing (hearing loss).
- Endocrine disorders: hiccup and hypothyroidism, tendency to gain weight and obesity, by reduction of their basal metabolic rate.
- Sleep disorders: sleep apnea.
- Psychiatric disorders: affective disorders, dementia, tics or deficit of attention disorder, hyperactivity or autism.

These highlights perceptual-cognitive and psychological difficulties (tendency to persistence of behaviour, difficulties in generalization of concepts and skills in the transfer of knowledge, slow to render and encode information, difficult to interpret it, difficulty in the spatio-temporal location); communicative level (imbalances, semantic problems, slowness in the acquisition of vocabulary and reading, pragmatic, articulatory, phonetic); psychomotor level (psychomotor retardation, poor coordination and balance, little exploitation of the body as a means of expression or fear of the movement) and at the level of personal autonomy (issues related to activities of daily life, instrumental, leisure limited, aligned and repetitive).

In addition, they have a higher prevalence of physical inactivity, this being of great relevance, since they present a risk of 4 to 16 times greater for ischemic heart disease and stroke mortality [3].

In this sense, through game the mobility of the body becomes a very important educational technique since from the control of the body in space, up to the encounter with others, exercise brings balance emotional, affective, psychomotor and psychological [4,8].

Some commercial devices, such as the Wii and the Kinect, are being used by the medicine for use in occupational therapy or rehabilitation [2]. On the other hand, we find different types of software in general health, such as video games for prevention and health promotion, and others for the improvement of health-general. In addition to the physiological effects, physical activity positively affects the psychological well-being, increasing self-esteem, life satisfaction, and social adaptation.

Therefore, in our work we will present the design of a methodology whose main objective is to assess the emotional state of people with Down's syndrome in educational interventions and cognitive and physical rehabilitation with gestural interaction

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31



**Título:** Facial Emotion Analysis in Down 's syndrome children in classroom

**Tipo:** Article - Doctoral Colloquium

**Evento:** Interaction'15 - XVI International Conference on Human Computer Interaction

**Fecha realización /publicación:** Septiembre de 2015



[SIGN IN](#) [SIGN UP](#)

### Facial Emotion Analysis in Down's syndrome children in classroom

Full Text: PDF Get this Article

Authors: [Pablo Torres-Carrión](#) [Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador](#)  
[Carina González-González](#) [Universidad de La Laguna, Spain](#)  
[Alberto Mora Carreño](#) [Universitat Operta de Catalunya, Spain](#)



2015 Article  
• Tutorial  
• Research  
• Refereed limited

Published in:

• Proceeding  
[Interacción '15](#) Proceedings of the XVI International Conference on Human Computer Interaction  
Article No. 15

#### Bibliometrics

• Citation Count: 0  
• Downloads (cumulative): 52  
• Downloads (12 Months): 34  
• Downloads (6 Weeks): 4

Vilanova i la Geltrú, Spain — September 07 - 09, 2015

ACM New York, NY, USA ©2015

[table of contents](#) ISBN: 978-1-4503-3463-1 doi>[10.1145/2829875.2829882](https://doi.org/10.1145/2829875.2829882)

#### Tools and Resources

Buy this Article

Recommend the ACM DL to your organization

TOC Service:  
 Email GSS RSS

Save to Binder

Export Formats:  
[BibTeX](#) [EndNote](#) [ACM Ref](#)

Share:

Author Tags

Contact Us | [Switch to single page view](#) (no tabs)

[Abstract](#) [Authors](#) [References](#) [Cited By](#) [Index Terms](#) [Publication](#) [Reviews](#) [Comments](#) [Table of Contents](#)

Sentiment analysis has allowed a degree of machines "intelligent" interaction, although its development is still at an early stage. This document presents the progress of the research project in this line, with a particular focus on children with Down Syndrome (DS). Their singularities are considered through personalized learning resources, and interaction with Kinect HCI, and the Tango:H platform. In this first moment we made an initial interaction, resulting in video images of the interaction, and a subjective assessment of emotions through one extension of EMODIANA. The next step will be the comparison of the patterns of facial recognition applied in people without SD, to identify whether there are significant differences.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

## Facial Emotion Analysis in Down's syndrome children in classroom

Pablo Torres-Carrión  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Ecuador  
pvtorres@utpl.edu.ec

Carina González-González  
Universidad de La Laguna  
Spain  
cigonza@ull.edu.es

### ABSTRACT

Sentiment analysis has allowed a degree of machines "intelligent" interaction, although its development is still at an early stage. This document presents the progress of the research project in this line, with a particular focus on children with Down Syndrome (DS). Their singularities are considered through personalized learning resources, and interaction with Kinect HCL and the Tango:H platform. In this first moment we made an initial interaction, resulting in video images of the interaction, and a subjective assessment of emotions through one extension of EMODIANA. The next step will be the comparison of the patterns of facial recognition applied in people without SD, to identify whether there are significant differences.

### Categories and Subject Descriptors

K.4.2. [Computers and Society]: Computing Milieux - Social Issues: *Assistive technologies for persons with disabilities.*

### General Terms

Human Factors, Theory.

### Keywords

Down Syndrome, Emotion, Affective Computing, AI, Digital Learning.

### 1. INTRODUCTION

The human person as a social entity, learn from inside the environment that develops and lives; it is necessary therefore to develop the skill of reading behaviors and emotions to infer the possible intentions [15]. In this context, the emotional intelligence as part of the multiple intelligences of Gardner [6], joins two types of intelligences: intrapersonal and interpersonal; that refer to how we know ourselves, the way in which we managed to control and regulate our feelings; the ability to understand others, what you feel and the skills to relate to others[7], respectively.

With the development of these intelligences, teachers and psychologists *comprehenden* (understand from inside) to each other and their environment (social field). Explicitly in the learning process, the student and teacher through educational activities can know, appreciate and share, generating one *compre-hension integral* (comprehensive understanding), which is reflected in a significant learning [15].

The above applies to the entire student population, from initial training to top, without making a cognitive or mental age discrimination. Against this background, in this paper we focus on the people with DS, that within the population with Special Educational Needs (SEN), represent one of the largest and most vulnerable around the world [10]. The process of educational and social adaptation of this population requires an individual treatment, due to psychological, cognitive and kinesthetic abilities [1]. Scientific research about their characteristics and possibilities of performance in different areas of life: social, work and school,

have expanded considerably in the last three decades [14] improving your quality of life standards.

People with DS usually have well-developed emotional intelligence, maintain good social interaction skills. They are communicative and respond well to the demands of the environment [2]. The emotions of the people seldom are expressed in words, so it is necessary to interpret them from non-verbal channels such as: the gestures, tone of voice and facial expression [7]. People with SD shows emotional sensitivity that allows them to capture emotions that others go unnoticed [2].

Each person's emotional state can be expressed in different ways; the facial expression is one of the most common ways to show others our feeling with respect to any act or thing [4]. In the case of persons with SD, we have to consider that certain facial characteristics distinguish them from the rest of population [3,9], therefore, studies and identification of emotions patterns based on face, may not extend and apply to this population in general.

### 2. AVANCE DE INVESTIGACION

Research in the field of the SEN, and specifically in people with DS have increased over the last three decades [14]. However they have not been significant in the area of human-computer interaction (HCI) with affective computing (AC), and the consideration of emotions during interaction.

#### 2.1 Metodology

The methodology that guides this research, is a continuous work qualitatively and quantitatively (see Table1). In the first time we plan doing the emotional assessment in environments of interaction in the classroom. This work was done with a sample of six children (3 male and 3 female) of the Down Tenerife Association, located in the autonomous community of Canary, Spain.

The pre-test phase included meetings with teachers to identify the population, for the experimental group and the control sample, keeping the equity in terms of motor and cognitive profiles. We organized an initial intervention, composed of three working sessions. The experimental group used the platform Tango:H and MS Kinect; the control group used conventional resources.

The first data were obtained from a subjective assessment by teachers, about the emotions displayed by the children during the interaction; it was carried out according to the methodology of the EMODIANA [8] and their assessment scales. This instrument was adapted in a proprietary format, which allowed to measure continuously the 10 basic emotions, and their possible causes: subject, activity and external.

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Título:** Personalization of classroom's digital resources with Gestural-Human Computer Interaction

**Tipo:** Doctoral Colloquium

**Evento:** 11CCC – 11 Congreso Colombiano de Computación

**Fecha realización /publicación:** Septiembre de 2014

IEEE 11CCC 2016

## *Personalization of classroom's digital resources with Gestural-Human Computer Interaction.*

*Application to Children with Down Syndrome*

Torres-Carrión, Pablo Vicente

Departamento de Ciencias de Computación y Electrónica  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Loja-Ecuador  
pvtorres@utpl.edu.ec

González-González, Carina Soledad

Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas  
Universidad de la Laguna  
La Laguna - Spain  
cgonza@ull.es

**Abstract**— This research focuses on the study of algorithms and technologies for the customization and adaptation of teaching resources taking the emotional state and the interaction skills of children with Down syndrome. The validation process has been carried out during two years in an educational center specialized in Down syndrome. The intervention plan is divided into three phases, using TangoH platform and other recreational resources of gestural interaction in the whole process. The first phase allowed an initial evaluation of viso-motor skills and parameters to improve the design of resources. The second phase (developing) involves analysis of emotional facial, use of wearables, new gestural sensors and the update of TangoH platform to a system with playful integration and basic recommendation system. The architecture design of TangoH and its application to the educational intervention is planned for the third phase. Nowadays, this work is focus in to share advances through publications (some accepted and other in progress).

**Keywords**—Human-Computer Interaction, Gestural Interaction, Learning technologies, AI, Personalization, Affective Computing, Down syndrome.

### I. INTRODUCTION

The personalization of learning resources according to the abilities and skills of each person proposed by renowned researchers and educators such as Dewey, Ausubel, Vygotsky, Gardner, Sternberg, Csikszentmihalyi, Freire, among others [1]–[4]; This idea is strengthened by the contribution of Informatics since the beginning of the decade of the 1970s with the intelligent tutoring systems (ITS) that gave opening to adaptive learning systems [5] [6]. These systems have had a growth continuous, supported in the development of sensors and solutions of virtual and augmented reality, that enable the interaction natural of the user, through commands of voice, movements body (that is can discriminate according to the skills and limiting of the user), and immersion in environments virtual; another important contribution comes from Artificial Intelligence through recommender systems, ontologies, classifiers, etc., showing satisfactory results for the adaptation of interaction resources [7]–[9].

Research recent made by agencies international as UNESCO and NMC Academy, presented to very short term the possibility of that them students can access to resources custom in them classrooms and house, what is become in a trend during the following decade to be a process educational daily [10]–[12]. This has motivated the approach of this research, which has as input analysis of human emotions and viso-motor abilities from the students.

The analysis of emotions from facial and gestural expressions has increased meaningfully [13], [14], including people with Down syndrome (DS) [15], [16]. Institutions such

as *Affective and Microsoft* have developed libraries for facial emotion recognition [17]–[19], that it can be adapted to different devices and sensors, providing design solutions for practical purposes and research, enabling work with customizable resources upon recognition of emotions. With this premise, the platform *TangoH* [20] (Fig. 1.) has been developed by the *Interaction, Technology and Education (ITED) Research group of the Universidad de la Laguna (ULL) and the Technologic Institute and Renewable Energies (ITER)*. The development of *TangoH* is evolving towards the adaptation of new sensors, features to enhance the gameplay, algorithms of interaction for emotional analysis and Artificial Intelligence (AI). The AI of *TangoH* comprises recommender system of interaction resources and the adaptation to the emotional state and the skills of the player (student).



Fig. 1. Plataforma TangoH - Ventana principal de Diseño [19]

For this experimental research, *TangoH* is the main platform of interaction. So, we have two groups of users: an experimental group and a control group. *TangoH* is used only by the experimental group and is tested by the professionals and users in at each stage of this research.

### A. Objectives

The main goals of this research are the following:

- a. Designing a gestural interaction architecture that allows the personalization of learning resources from analysis of emotions and viso-motor skills from children with DS.
  - a1. Studying the user, both cognitive and motor skills of DS children.
  - a2. Validation of the interaction parameters of children with DS in the classroom, with both printed-traditional learning materials and digital educational resources adapted to *TangoH* platform.

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Título:** Usability Study of Didactical Resources to Children with Down Syndrome

**Tipo:** Chapter

**Serie:** Springer. HCI for Children with Disabilities

**Fecha realización /publicación:** 05 de mayo de 2017

Look Inside Get Access

Chapter  
HCI for Children with Disabilities  
Part of the series Human-Computer Interaction Series pp 127-148  
Date: 05 May 2017

### Usability Study of Didactical Resources to Children with Down Syndrome

Validation with Eye Tracker on Teaching Resources for Gestural and Conventional Interaction

Pablo V. Torres-Carión, Carina S. González-González, Alfonso Infante-Moro

Buy chapter \$29.95 / €24.95 / £19.95 \* Buy eBook \$89.99 / €80.07 / £59.99\*

Get Access \* Final gross prices may vary according to local VAT.

Reference tools  
Export citation  
Add to Papers

Other actions  
About this Book  
Reprints and Permissions

Share  
f t in

#### Abstract

The techniques to know the visual attentions in screens by the user are used with great efficiency in the field of design to make more efficient its objective. In the educational field are few efforts made, being one of the challenges of engineering and Sciences of education to improve learning outcomes. This study aims is to know the usability of personalized, conventional and gestural interaction resources based in the patterns of visual attention of children with Down syndrome, in teaching resources based on eye-tracker validated visual attention in a classroom environment for children with Down Syndrome. Selected 6 students of the Down Tenerife Association (CG = 3, GE = 3), of which GE has previously interacted with the HCI Tango:H platform with teaching

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



## Chapter 7 Usability Study of Didactical Resources to Children with Down Syndrome

### Validation with Eye Tracker on Teaching Resources for Gestural and Conventional Interaction

Pablo V. Torres-Carrión, Carina S. González-González  
and Alfonso Infante-Moro

**Abstract** The techniques to know the visual attentions in screens by the user are used with great efficiency in the field of design to make more efficient its objective. In the educational field are few efforts made, being one of the challenges of engineering and Sciences of education to improve learning outcomes. This study aims is to know the usability of personalized, conventional and gestural interaction resources based in the patterns of visual attention of children with Down syndrome, in teaching resources based on eye-tracker validated visual attention in a classroom environment for children with Down Syndrome. Selected 6 students of the Down Tenerife Association (CG = 3, GE = 3), of which GE has previously interacted with the HCI Tango:H platform with teaching resources customized to their requirements cognitive and applied in a playful environment of teaching and learning, and the remaining with common resources in the classroom, designed by the teachers of the institution. Learning objects were presented to students by way of films on a screen, by tracking their visual attention with the help of an eye tracker and following the protocol think-aloud, focused on the attributes of ISO 9141-11: usability for Visual-Based gesture recognition: efficacy, effectiveness, learnability and satisfaction. The results were evaluated with the help of Tobbi Studio platform and subjective attributes through **systematic observation**, being the resources designed for the Tango:H plaque better valued than those of everyday use in the conventional classroom.

---

P.V. Torres-Carrión (✉)  
Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, Universidad Técnica Particular  
de Loja, San Cayetano Alto, Loja 11 01 608, Loja, Ecuador  
e-mail: pvtorres@utpl.edu.ec

C.S. González-González  
Universidad de la Laguna, España, Spain

A. Infante-Moro  
Universidad de Huelva, Huelva, Spain

© Springer International Publishing AG 2017  
J. Guerrero-García et al. (eds.), *HCI for Children with Disabilities*,  
Human-Computer Interaction Series, DOI 10.1007/978-3-319-55666-6\_7

127

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Título:** Experiencia Afectiva de Usuario (UAX): Modelo desde sensores biométricos en aula de clase con plataforma gamificada de Interacción Gestual.

**Tipo:** Artículo (Ponencia) – **Mención Especial Alfás**

**Evento:** V Congreso Internacional de Videojuegos Educativos CIVE'17

**Fecha realización /publicación:** Del 7 al 9 de junio de 2017



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

# Experiencia Afectiva de Usuario (UAX): Modelo desde sensores biométricos en aula de clase con plataforma gamificada de Interacción Gestual

*Torres-Carrion, Pablo Vicente*  
Departamento de Ciencias de la Computación  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Loja, Ecuador  
pvtorres@utpl.edu.ec

*Barba-Guamán, Luis Rodrigo*  
Departamento de Ciencias de la Computación  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Loja, Ecuador  
lrbarba@utpl.edu.ec

*González-González, Carina Soledad*  
Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas  
Universidad de la Laguna  
La Laguna, Tenerife, España  
cjgonza@ull.edu.es

*Torres-Torres, Andrea Cecilia*  
Universidad Técnica Particular de Loja  
Loja, Ecuador  
actorres@utpl.edu.ec

**Abstract**— La computación afectiva permite la sensibilización de la interacción humano computador, validando el estado emocional del usuario. Los niños en el ambiente escolar tienden a cambiar muy fácilmente su estado emocional por factores externos o propios de la sensibilidad de su edad. Se propone UAX como enfoque general para conocer el estado emocional del alumno durante su estimulación en el aula de clase gamificada con apoyo de una plataforma de interacción gestual TangoH. La validación es asincrónica, apoyada en datos fisiológicos obtenidos de sensores, desde los cuales se establece de forma objetiva la valoración emocional del alumno. El planteamiento se sostiene en dos fases: la primera fase contiene 3 momentos: Interacción, Pre-Procesamiento y resultados intermedios; la segunda fase refiere a una matriz general para la comparación de *Emotion Data* y un proceso para seleccionar el mejor modelo de *ML* aplicando las curvas de ROC. Se presentan resultados obtenidos a partir de datos simulados de interacción, siguiendo los parámetros y formatos de datos estándares devueltos por sensores de este tipo.

**Keywords**— *User affective experience, gaming experience, gestural interaction, artificial intelligence.*

## I. INTRODUCCION

La computación afectiva se expande, y en el ámbito educativo es necesario establecer métodos prácticos para la validación de usabilidad de los recursos didácticos digitales diseñados para el aula de clase, en donde la variación del estado emocional facilita o limita el proceso de aprendizaje, por lo cual la inteligencia emocional es continuamente estimulada por los docentes para propiciar un mejor ambiente de enseñanza-aprendizaje. En este contexto surge User Affective Experience (UAX) como una sub área emergente de la ciencia, relacionada a Human Computer Interaction (HCI)-User Experience (UX), con énfasis en estudiar las emociones del usuario en los diversos ámbitos de la interacción[1]. Navarro[2] explica que la interacción gestual permite mantener

la atención del estudiante en el logro de objetivos de forma divertida. El reporte Horizon 2020 [3] considera que la interacción gestual es una de las tecnologías emergentes aplicables a la educación. Los recursos didácticos gamificados generan cambios afectivos, especialmente con la interacción gestual, por lo tanto la variación emocional debe ser evaluada a partir de tales entornos.

El documento presenta un estudio teórico introductorio de las emociones básicas, sosteniéndose en la propuesta de Paul Ekman [4] y otros investigadores, cuyas investigaciones son base para nuevos proyectos de investigación y productos de software. Se presenta UAX como un área emergente de la ciencia[1], relacionando investigaciones de UX con análisis de emociones, y para nuestro estudio en ambientes educativos, en particular desde entornos de interacción gestual. Como punto central se describe este enfoque de UAX, que comprende dos fases: la primera dividida en tres momentos: un conjunto de fuentes de entrada de datos durante la interacción, que luego de ser organizados pasan por un procesamiento (algoritmos de Machine Learning en la mayoría de caso) para obtener datos de la variación de emociones en ventanas de tiempo almacenadas en una Base de Datos local junto a los modelos de ML; la segunda comprende dos productos: un modelo estadístico basado en una matriz de correlación para los datos de la fase 1, para mostrar la estimación del estado emocional general desde un modelo unificado, y un Model Selector basado en curvas ROC. Al final están las conclusiones, limitantes y trabajos futuros realizarse desde la propuesta planteada.

## II. UAX COMO UN CAMPO EMERGENTE DE LA CIENCIA

### A. Teoría de Emociones Básicas

Las emociones básicas, desarrolladas de forma teórica por Ekman[4], Niedenthal[5], Panksepp[6], Izard[7], Shaver et al.[8], entre otros, fueron planteadas como una estructura inicial, y son base que sostiene la gran mayoría de estudios de

Firmado por:	Fecha:
PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Título:** Instrumento observacional para la evaluación emocional continua de videojuegos adaptada a personas con Síndrome de Down

**Tipo:** Póster científico

**Evento:** V Congreso Internacional de Videojuegos Educativos CIVE'17

**Fecha realización /publicación:** Del 7 al 9 de junio de 2017

## Instrumento observacional para la evaluación emocional continua en videojuegos adaptada a personas con Síndrome de Down

Pablo Vicente Torres-Carrón, PhD(c); Carina Soledad González-González, PhD  
1[Universidad Técnica Particular de Loja - Ecuador], 2[Universidad de la Laguna - España]

V Congreso Internacional de VIDEOJUEGOS Y EDUCACIÓN

**Descripción breve**

Los instrumentos de evaluación emocional subjetiva de auto-reporte no son adecuados para las personas con síndrome de Down. Asimismo, normalmente los instrumentos de medición emocional subjetiva se utilizan en dos momentos, antes y/o después una sesión, clase o juego. En el caso de una clase en donde se utiliza videojuegos las emociones varían durante toda la sesión. Por ello, en este trabajo, se ha diseñado y validado un instrumento observacional que incluye la variable tiempo en el registro observacional, adaptado a personas con síndrome de Down, que puede ser utilizado tanto de forma sincrónica (en clase) como asincrónica (análisis de vídeos).

**Keywords**—Evaluación emocional, videojuegos, necesidades especiales, Síndrome de Down

**EMODIANA Longitudinal**

EMODIANA, es un instrumento de evaluación emocional subjetivo para niños diseñado y validado para medir emociones en videojuegos. Consta de 10 emociones principales: cariño, alegría, satisfacción, sorpresa, seriedad, aburrimiento, tristeza, vergüenza, nerviosismo y miedo. Los nombres dados a las emociones fueron resultado de una validación realizada con niños y niñas de entre 8 a 10 años.

Consta de una diapositiva dividida en distintas secciones donde cada una representa una emoción situada en el marco exterior. Además de medir la emoción, también mide la intensidad de la misma: cuanto más al centro, mayor es la intensidad y cuanto más alejado del centro, más suave es la misma (Fig. 1).

Permite registrar y categorizar las razones de las emociones declaradas en función de si son inherentes a la persona, son debidas a la estructura de la actividad o son producidas por razones externas.

Los métodos de medición subjetiva existentes suelen limitar la información que se obtiene en cuanto a la variabilidad emocional durante el tiempo.

Este instrumento ha sido diseñado y utilizado adaptando la EMODIANA [12] para evaluar la interacción con la plataforma TANGO: H [12] basada en interacciones gestuales que fue creada por nuestro equipo de investigación.

Puede utilizarse para el registro emocional en clase directamente (sincrónica), o para el análisis de los vídeos grabados de una clase o sesión (asincrónica) (Fig. 2).

Fig. 1 Instrumento de Evaluación Emocional para videojuegos

**Conclusiones**

En este trabajo se ha presentado un instrumento de evaluación emocional continua para videojuegos adaptado a personas con síndrome de Down. Por un lado, se presenta una solución al problema de medición discreta emocional realizada normalmente antes de la sesión y al finalizar la misma, aportando una variable no considerada anteriormente y fundamental para la variabilidad emocional en una clase o sesión con videojuegos. Por otra parte, se presenta una solución para la evaluación emocional con personas con síndrome de Down, ya que con ellos no es posible utilizar los instrumentos de auto-reporte subjetivo emocional normalmente utilizados con la población general.

Este instrumento ha sido utilizado y validado con profesorado y personas con síndrome de Down de la Asociación Down Tenerife utilizando recursos didácticos digitales diseñados para interacción gestual en TANGO: H. Actualmente, estamos en la fase de análisis de resultados de dicha intervención.

**Referencias**

[1] Masaryk, J. B., & Robinson, M. D. (2002). Measures of emotion: A review. *Cognition & Emotion*, 16(4), 469-492. doi:10.1080/0264375021000016577

[2] Plutchik, R. W. (1980). *Affective Contrasts*. MIT Press.

[3] Gomez, H. and Paricio, M. (2016). Automatic, dimensional and continuous emotion recognition. *Int. Journal of Speech & Language Disorders*, 51(4), 383-399.

[4] González Sánchez, L.L., Gil Irujo, R.M. and Gutiérrez Vela, F. L. (2015). Empatización en la Evaluación en Videojuegos: Análisis del EEE (registro dimensional de interacción). *Personas con Síndrome de Down*, 20(1), 17-28.

[5] Russell, J.A., and Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of Research Personality*, 11(2), 171-176.

[6] Ekman, P., Dahlquist, T. and Power, M. (1996). *Handbook of Cognition and Emotion*. Wiley Online Library.

[7] Damasio, P. (2003). "Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to graphics". *Frontiers Human Activities*. Publishers, 3(1), 1-19.

[8] Padilla Zuehl, González Sánchez, L.L., Gutiérrez Vela, F., Abad-Arce, A., López Arce, R. (2016). Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos: El caso particular de las Matemáticas. *IX Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2016)*, 3-5 octubre 2016, Lleida, España.

[9] González González, C. S., Carro, M. y Navarro V. (2015). EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas. *XI Congreso Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (TECNTEC)*, Madrid, 2015.

[10] González, C.S. and Navarro, V. (2015). Métodos didácticos para la evaluación de la respuesta emocional de niños y niñas con videojuegos educativos. *Conferencia INTERACCIÓN 2015*.

[11] Torres-Carrón, P. and González, C.S. (2015). Análisis de las emociones declaradas en personas con síndrome de Down en el aula. *Conferencia INTERACCIÓN 2015*.

[12] Carro-González, Pedro; López, Miguel; Padilla, Elena; Santos, Mariana; Carro, including Classification Techniques in the Design of TANGO: H Platform. *Journal Technology*, 6 (4), 2012

**Referencias**

[1] Masaryk, J. B., & Robinson, M. D. (2002). Measures of emotion: A review. *Cognition & Emotion*, 16(4), 469-492. doi:10.1080/0264375021000016577

[2] Plutchik, R. W. (1980). *Affective Contrasts*. MIT Press.

[3] Gomez, H. and Paricio, M. (2016). Automatic, dimensional and continuous emotion recognition. *Int. Journal of Speech & Language Disorders*, 51(4), 383-399.

[4] González Sánchez, L.L., Gil Irujo, R.M. and Gutiérrez Vela, F. L. (2015). Empatización en la Evaluación en Videojuegos: Análisis del EEE (registro dimensional de interacción). *Personas con Síndrome de Down*, 20(1), 17-28.

[5] Russell, J.A., and Mehrabian, A. (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of Research Personality*, 11(2), 171-176.

[6] Ekman, P., Dahlquist, T. and Power, M. (1996). *Handbook of Cognition and Emotion*. Wiley Online Library.

[7] Damasio, P. (2003). "Measuring emotion: development and application of an instrument to measure emotional responses to graphics". *Frontiers Human Activities*. Publishers, 3(1), 1-19.

[8] Padilla Zuehl, González Sánchez, L.L., Gutiérrez Vela, F., Abad-Arce, A., López Arce, R. (2016). Evaluación de Emociones en Videojuegos Educativos: El caso particular de las Matemáticas. *IX Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador (Interacción 2016)*, 3-5 octubre 2016, Lleida, España.

[9] González González, C. S., Carro, M. y Navarro V. (2015). EMODIANA: Un instrumento para la evaluación subjetiva de emociones en niños y niñas. *XI Congreso Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (TECNTEC)*, Madrid, 2015.

[10] González, C.S. and Navarro, V. (2015). Métodos didácticos para la evaluación de la respuesta emocional de niños y niñas con videojuegos educativos. *Conferencia INTERACCIÓN 2015*.

[11] Torres-Carrón, P. and González, C.S. (2015). Análisis de las emociones declaradas en personas con síndrome de Down en el aula. *Conferencia INTERACCIÓN 2015*.

[12] Carro-González, Pedro; López, Miguel; Padilla, Elena; Santos, Mariana; Carro, including Classification Techniques in the Design of TANGO: H Platform. *Journal Technology*, 6 (4), 2012

**Agadecimiento**

Presentado por: Carolina Torres Carrón

Presentado por: Teresa Tejerizo

266

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. <i>Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a></i>		
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl	
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54	
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21	
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10	
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31	

288 / 310



# Instrumento observacional para la evaluación emocional continua en videojuegos adaptada a personas con síndrome de Down

Pablo Vicente Torres-Carrión  
Universidad Técnica Particular de Loja  
La Laguna, Tenerife, España  
Email: pvtorres@utpl.edu.ec

Carina Soledad González González  
Departamento de Ingeniería Informática y Sistemas  
Universidad de la Laguna, España  
Email: cjonza@ull.edu.es

**Abstract**— Los instrumentos de evaluación emocional subjetiva de auto-reporte no son adecuados para las personas con síndrome de Down. Asimismo, normalmente los instrumentos de medición emocional subjetiva se utilizan en dos momentos, antes y/o después una sesión, clase o juego. En el caso de una clase en donde se utiliza videojuegos las emociones varían durante toda la sesión. Por ello, en este trabajo, se ha diseñado y validado un instrumento observacional que incluye la variable tiempo en el registro observacional, adaptado a personas con síndrome de Down, que puede ser utilizado tanto de forma sincrónica (en clase) como asincrónica (análisis de vídeos).

**Keywords**—Evaluación emocional en videojuegos, necesidades especiales, síndrome de Down.

## I. INTRODUCCION

La evaluación de las emociones en un sistema interactivo tiene como objetivo reunir y medir la información sobre aspectos cualitativos y cuantitativos de la experiencia de un usuario [1, 2]. El instrumento de medición dependerá, en gran medida, del tipo de información a recopilar. Podemos distinguir entre instrumentos no verbales (objetivos) y verbales (subjetivos) [3]. Existen diferentes técnicas de medición emocional, como las que permiten el análisis de las expresiones faciales, las que miden las reacciones fisiológicas (como la frecuencia cardíaca, el sudor, la dilatación pupilar o las ondas cerebrales) y las técnicas subjetivas que miden las emociones a través de cuestionarios [4]. Uno de las formas más ampliamente utilizadas para medir las emociones se basa en el modelo tridimensional (valencia, activación y control) [5]. Existen diferentes instrumentos para llevar a cabo estas evaluaciones, entre las que se incluyen SAM [6] y Premo © (Medida de la Emoción del Producto) [7]. Este último se basa en SAM pero está específicamente diseñado para medir la experiencia emocional de un usuario con un producto. En estos instrumentos las personas deben identificar y seleccionar entre un número de emociones, la que están sintiendo. Solo permiten identificar una emoción a la vez. Además, si queremos utilizarlo con niños y niñas, no son adecuados ya que suponen una carga cognitiva significativa y dependiendo las edades, la

identificación es un problema ya que tienen una menor discriminación emocional [8, 9].

También hay problemas de asociación entre el lenguaje utilizado por los niños y niñas y la representación gráfica de una emoción [10]. Como resultado, nuestro instrumento se basa en un instrumento denominado EMODIANA [10] que ha sido específicamente diseñado y validado para considerar las barreras cognitivas de los niños y que se basa en las fortalezas de los métodos antes mencionados.

Por otra parte, las personas con síndrome de Down tienen una menor inteligencia emocional, por lo que los instrumentos de auto-reporte emocional no son útiles en este caso [11]. Por ello, se requieren otros instrumentos más adecuados, tales como los de detección automática de emociones a través del rostro o biométricas, y los observacionales.

En este trabajo, presentaremos un instrumento de observación emocional que por un lado permite solventar la medición discreta en el tiempo de la medición emocional (normalmente se realizan en dos momentos: pre-post test) considerando la variable tiempo y por otro lado, es adecuado para la medición emocional de la interacción de personas con síndrome de Down con videojuegos educativos activos. Específicamente, este instrumento ha sido diseñado y utilizado adaptando la EMODIANA [10] para evaluar la interacción con la plataforma TANGO: H [12] basada en interacciones gestuales que fue creada por nuestro equipo de investigación. A continuación, se describe el instrumento observacional diseñado.

## II. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN EMOCIONAL CONTINUA PARA VIDEOJUEGOS EDUCATIVOS ACTIVOS

De la misma forma que los niños, las personas con síndrome de Down, conforman un grupo de usuario con necesidades especiales en cuanto a la evaluación emocional. Por tanto, los métodos de evaluación para adultos no pueden utilizarse con niños ni con personas con síndrome de Down. Por ello, existen métodos e instrumentos desarrollados específicamente para niños, tales como la EMODIANA [9], pero no existen

**Anexo 2. Permisos de los Padres/representantes legales de estudiantes ATT21**



**AUTORIZACIÓN DE IMAGEN**

D. / D<sup>a</sup> M. ...  
 con DNI nº ...  
 como madre/padre/tutor/a de **Nayara León Chaparro**

AUTORIZO       NO AUTORIZO

Al docente investigador Pablo Vicente Torres Carrión, a utilizar la imagen de mi hijo/a-tutelado/a en fotos y vídeos para su tesis sobre el uso de Tecnologías de la Información en la educación de personas con discapacidad intelectual.

Firma:

En San Cristóbal de La Laguna a 12 de Abril de 2016

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Anexo 3. Evidencia fotográfica de interacción con Tango:H en ATT21**

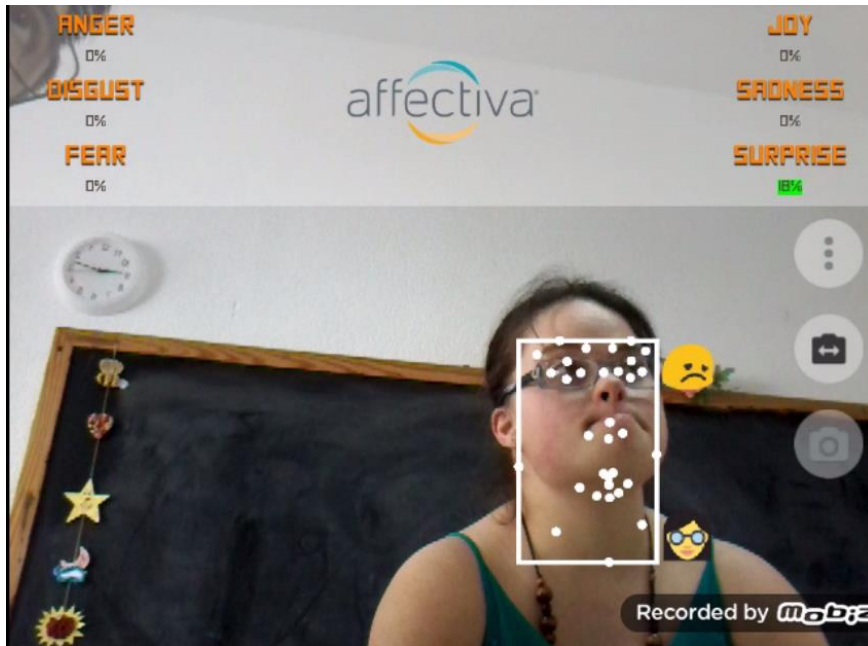
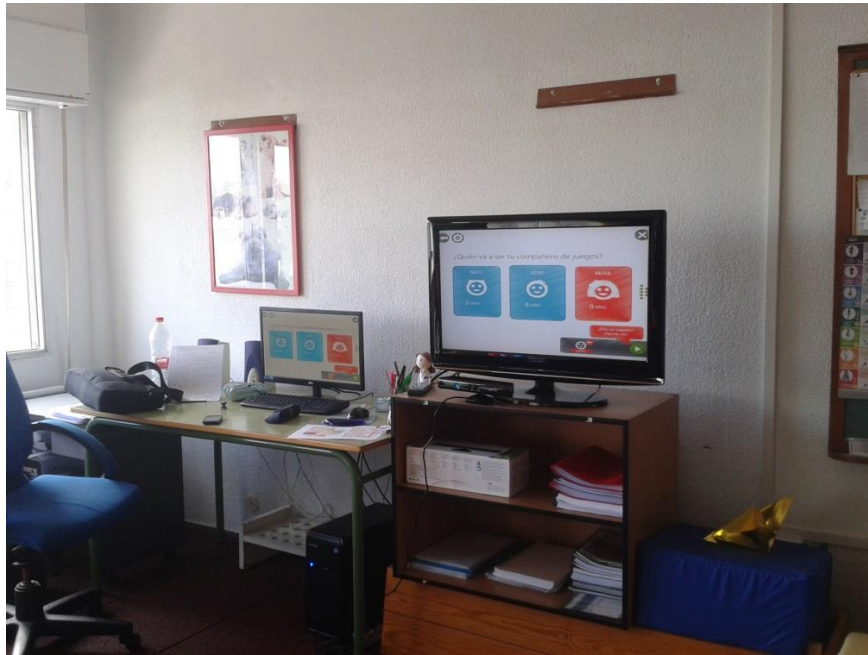


Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

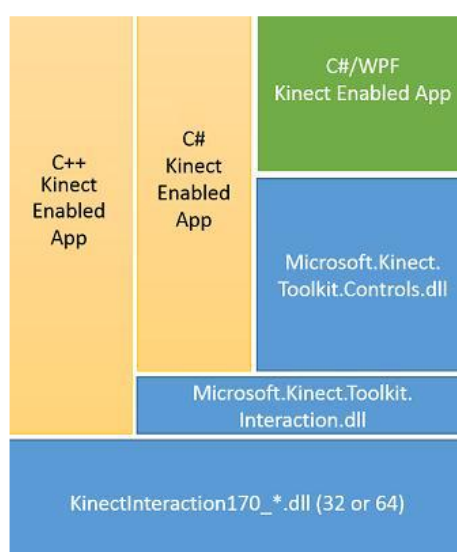
Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



#### Anexo 4. Estructura General del Kit de herramientas Microsoft.Kinect

Como parte del paquete de recursos para el trabajo y configuración de Microsoft Kinect para Windows, por parte de su fabricante se provee para los desarrolladores de aplicaciones, de herramientas y paquetes organizados en el SDK base que se debe adaptar en el entorno de desarrollo. Al ser este dispositivo el medio de interacción que usa Tango:H (ITER, 2013b), y al haber cambiado en la arquitectura propuesta al SDK de Kinect, se ha considerado compartir además algunas características de la arquitectura base de la SDK Kinect 1.8 (Microsoft, 2013b).



**Figura 55.** Arquitectura General KinectInteraction.dll

Fuente: (Microsoft, 2013b)

- Microsoft.Kinect.Toolkit

Contiene el componente reusable *KinectSensorChooser* que ayuda a la aplicación a administrar el sensor Kinect durante todo su tiempo de uso. La clase *KinectSensorChooser* es una UI (Interfaz de usuario por sus siglas en inglés), conocido como un componente

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

agnóstico, disponible para trabajar con cualquier plataforma compatible con .NET. En este componente también se encuentra el *KinectSensorChooserUI*, que es un control WPF(Windows Presentation Foundation) que proporciona funcionalidad al UI.

- Microsoft.Kinect.Toolkit.Controls:

Este componente contiene los controles WPF para las interacciones del Kinect, las que pueden ser basadas en gestos, manos libres u otra forma de interacción por movimiento. Los controles basados en gestos *KinectInteraction* son un conjunto de características para interacción, disponible a través del *Kinect for Windows ToolKit 1.8*, y que de forma general son:

- Interacción de hasta dos usuarios y el seguimiento de sus manos como principal interacción
- Servicios de detección de la posición y estado de las manos del usuario.
- Información sobre la actividad dirigida por el usuario
- Presión y detección de la liberación de la presión

El kit de herramientas también contiene las API y los servicios nativos y administrados para estas funciones (ver Figura), además un conjunto de controles de interacción C#/WPF, que permiten la fácil incorporación de características *KinectInteraction* en aplicaciones gráficas. Micrófonos

- Microsoft.Kinect.Toolkit.Fusion.

Permite el escaneo de objetos 3D y la creación de modelo utilizando un sensor Kinect for Windows. El usuario puede obtener una escena con la cámara Kinect, verla al mismo tiempo, e interactuar con un modelo 3D de la escena. *KinectFusion* puede funcionar a velocidades interactivas de apoyo GPUs (Unidad de Procesamiento Gráfico por sus siglas desde el inglés), y puede funcionar a velocidades no interactivas en una variedad de

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

hardware. Mover la cámara en ambientes no interactivos puede permitir la reconstrucción de mayor volumen de imágenes.

- Paquetes de idioma para reconocimiento de voz (Speech).

El reconocimiento de voz es una de las funciones clave de la API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) y dan potencialidad a este dispositivo para la interacción natural del usuario. El conjunto de micrófonos del sensor Kinect, forman un dispositivo de entrada excelente para aplicaciones de reconocimiento basados en voz, al disponer del micrófono de Kinect con la API *Microsoft.Speech*, que soporta algoritmos acústicos disponibles en el *SDK Kinect para Windows*, y un modelo acústico personalizado que está optimizado para el conjunto de micrófonos del Kinect. Son doce los idiomas soportados en el SDK 1.7, entre los que se incluye el inglés (para cinco distintas fonéticas) y dos versiones del español: para la fonética española y mexicana.

La versión del SDK 1.8 dispone además de varios paquetes, que sirvieron de base en el desarrollo de la nueva arquitectura de Tango:H expuesta en el capítulo VII.

- Audio Basics – WPF.

Muestra un escenario básico del uso de una captura de audio, con una visualización y almacenamiento de datos. También muestra como conocer el ángulo desde el cual se está emitiendo el sonido.

- Kinect Explorer – WPF

Permite establecer la relación entre las variaciones de color de imagen, los cambios de profundidad de imagen, el seguimiento del “esqueleto” y el origen de audio; todas estas características en un solo recurso a modo de prueba directa.

- Skeleton Basics – WPF

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

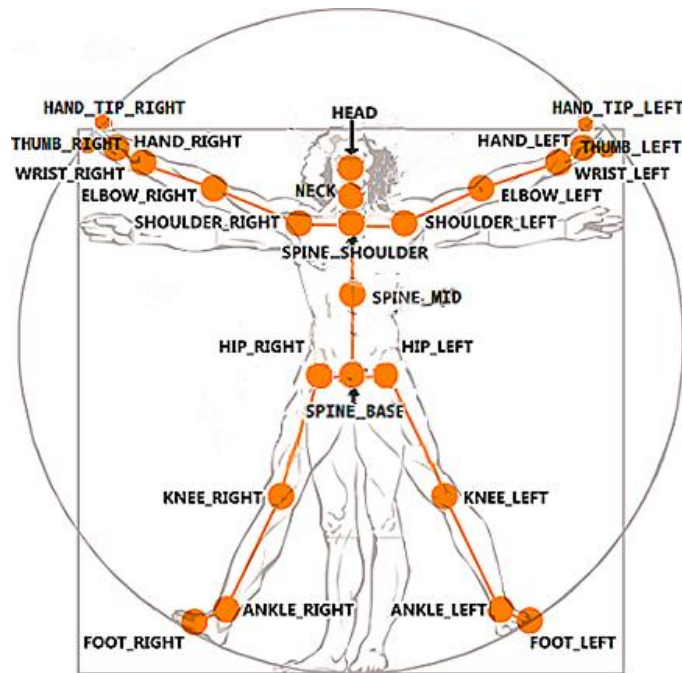
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

Muestra un escenario básico del uso del seguimiento esquelético, con una actualización de imagen de 30 imágenes por segundo. Permite la participación de dos personas de pie en frente del Kinect, con una captura de 20 puntos por cada jugador (esqueleto). Tiene una casilla que verificación de modo sentado, que permite identificar hasta dos jugadores en modo sentado, capturando 10 articulaciones por cada jugador (esqueleto).



**Figura 56.** Posiciones esqueléticas relativas al cuerpo humano en Kinect

Fuente: (Microsoft, 2013a)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31



De forma singular se amplía los puntos de contacto a considerar dentro de la Enumeración *JointType* como un Skeleton del paquete *Microsoft.Kinect*, explicada desde la figura anterior.

Member	Value	Description
AnkleLeft	14	Left ankle
AnkleRight	18	Right ankle
ElbowLeft	5	Left elbow
ElbowRight	9	Right elbow
FootLeft	15	Left foot
FootRight	19	Right foot
HandLeft	7	Left hand
HandRight	11	Right hand
HandTipLeft	21	Tip of the left hand
HandTipRight	23	Tip of the right hand
Head	3	Head
HipLeft	12	Left hip
HipRight	16	Right hip
KneeLeft	13	Left knee
KneeRight	17	Right knee
Neck	2	Neck
ShoulderLeft	4	Left shoulder

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

ShoulderRight	8	Right shoulder
SpineBase	0	Base of the spine
SpineMid	1	Middle of the spine
SpineShoulder	20	Spine at the shoulder
ThumbLeft	22	Left thumb
ThumbRight	24	Right thumb
WristLeft	6	Left wrist
WristRight	10	Right wrist

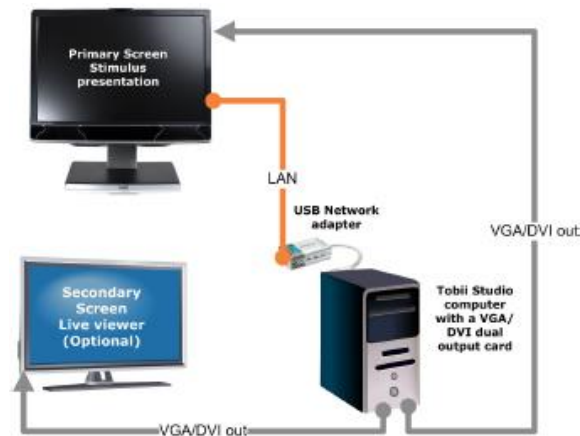
**Tabla 24.** Propiedades de la Enumeración JointType de Microsoft.Kinect

Fuente: (Microsoft, 2013a)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

## Anexo 5. Configuración y calibración de Tobii X60 XL Eye-Tracker

Un dispositivo de seguimiento ocular como lo es Tobii X60 XL Eye-tracker requiere de un minucioso proceso para instalar, configurar y calibrar. El paso preliminar es la instalación y puesta en marcha, para lo cual se sigue el esquema que se muestra en la figura siguiente.



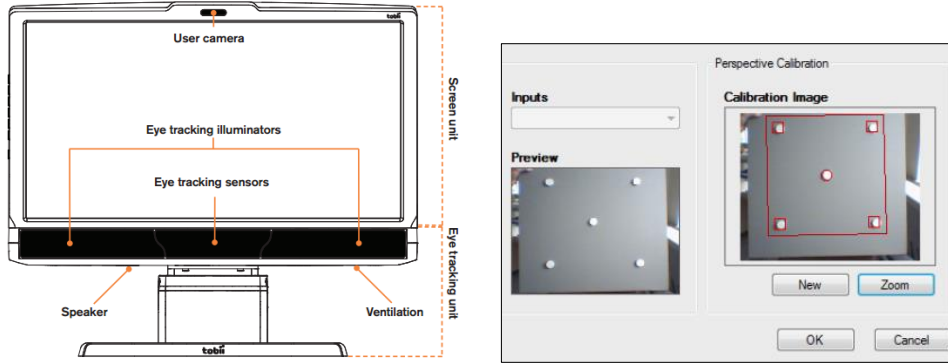
**Figura 57. Conexión de Tobii T60 XL Eye-Tracker**

Fuente: (Tobii Technology, 2009)

El dispositivo Tobii X60 (Tobii Technology, 2009) cumple con las directivas EMC 2004/108/EEC y RoHS 2002/95/EC referentes a un adecuado nivel de electromagnetismo para su uso en un ambiente de oficina o doméstico. El aparato dispone de un monitor para la estimulación, una conexión LAN para su administración remota y de interfaces para la conexión a un PC en modo local. Para facilitar la lectura y análisis de los datos han desarrollado Tobii Studio Pro 3.0.2 (Tobii Technology, 2004), con funciones para calibración del dispositivo, personalización para cada usuario, niveles de calidad de imagen, y administración de los datos obtenidos.

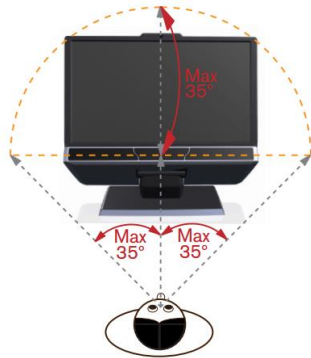
Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Se debe tener en cuenta la calibración de los siguientes parámetros según manual de usuario (Tobii Technology, 2009):

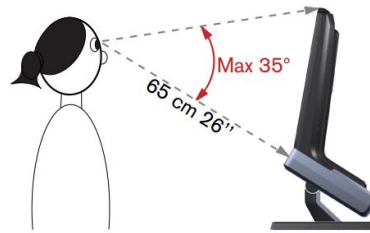


a. Configuration devices

b. Calibration image



c. Eye tracker and screen angle



d. Screen angle and distance to screen

**Figura 58.** Eye tracking configuration

Fuente: (Tobii Technology, 2014)

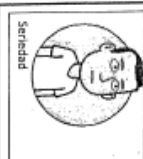
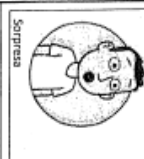








Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>		
Identificador del documento: 1006189		Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA		20/07/2017 16:17:31

- Eye tracker angle (max. 35° left & right, see Fig 1c.)
- Distance to screen (65 cm., see Fig 1d.)
- Screen angle (max. 35°, see Fig 1d.)
- Active Display Area (width x height screen)
- Height difference between screen and eye tracker (According devices and configuration - in our case they are attached)
- Head movement (50-80 cm.)

El dispositivo requiere una sensible configuración, personalizada a las características de cada individuo. La calibración personal es un procedimiento que compensa el impacto de las diferencias personales en el rendimiento de seguimiento de la mirada. Durante la calibración, el usuario tiene que mirar con precisión de cinco a veinte marcadores que se muestran la pantalla del ordenador en sucesión. Mientras el marcador de calibración se muestra en la pantalla, el usuario debe mirar el marcador sin movimiento de los ojos hasta que desaparezca. La calibración se torna compleja en usuarios que no pueden seguir las instrucciones del técnico o no pueden mantener la mirada según los patrones de tiempo requeridos, lo cual es común en niños y niñas, y personas con discapacidad cognitiva (Ohno, Hara, & Inagaki, 2008). El uso de gafas o lentes de contacto, son una potencial causa de problemas para la correcta calibración, y se debe prestar especial atención al ser una de las limitantes de la población en estudio.

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

Anexo 6. Formatos de validación de EMODIANA (1 muestra por cada estudiante)

 <p>Sorpresadín</p>	 <p>Sorpresadín</p>	 <p>Sorpresadín</p>	 <p>Alegría</p>	 <p>Carino</p>																																																																																																																																																																																																																																						
<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
 <p>Miedo</p>	 <p>Murmullos</p>	 <p>Verguenza</p>	 <p>Tristeza</p>	 <p>Aburrimiento</p>																																																																																																																																																																																																																																						
<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>60</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	0					10					20					30					40					50					60					Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																						
0																																																																																																																																																																																																																																										
10																																																																																																																																																																																																																																										
20																																																																																																																																																																																																																																										
30																																																																																																																																																																																																																																										
40																																																																																																																																																																																																																																										
50																																																																																																																																																																																																																																										
60																																																																																																																																																																																																																																										
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																									

Fecha: 2-5-17  
 Hora: 13h 10a 12h 40  
 Estudiante: 22  
 Institución: As. De. De. U. L.  
 Profesor: Xim y  
 Observador: Pared T  
 Tangor:   
 Aula:

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



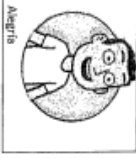



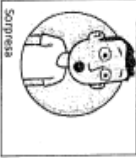



16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

<p>Fecha: 31-07-2017</p> <p>Horario: 12:00-13:00</p> <p>Estudiante: (L1)</p> <p>Institución: Apto. Deurco.</p> <p>Profesor: Torralba</p> <p>Observador: Torres</p> <p>TangoH <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Aula <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Carina</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Aburrimiento</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Alargia</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Tiritera</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Satisfacción</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Vergenza</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Sorpresas</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Nerviosismo</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>	Externo	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>Seriedad</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>	<p>Miedo</p>  <p>Nivel</p> <table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <table border="1"> <tr><td>Sujeto</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Actividad</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Externo</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	1	2	3	4	5						Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>	Actividad	<input type="checkbox"/>	Externo	<input type="checkbox"/>
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
1	2	3	4	5																																																																																																																																																																						
Sujeto	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Actividad	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									
Externo	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																									

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



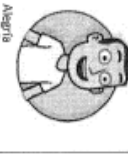





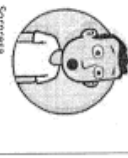
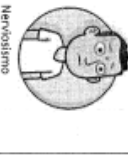


16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

<p>Fecha: 6-Julio 2017 a las 20:34:55</p> <p>Horas: 09:15 a 09:45</p>	<p>Estudiante: - (c) 11</p> <p>Institución: Aso Duque</p>	<p>Profesor: TORRES</p> <p>Observador: PT</p>	<p>Tarjeta: <input type="checkbox"/></p> <p>Alta: <input checked="" type="checkbox"/></p>
<p><b>Carño</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Aburrimiento</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Allegria</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p><b>Tiritera</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Seriedad</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Milicio</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Satisfacción</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p><b>Verfugencia</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>
<p><b>Sorpresa</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Nerviosismo</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p><b>Verfugencia</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p><b>Verfugencia</b></p>  <p>Nivel</p> <p>1 2 3 4 5</p> <p>Tiempo 0 10 20 30 40 50 60</p> <p>Razón:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21




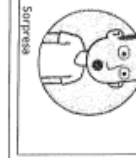
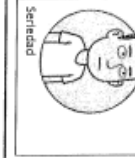



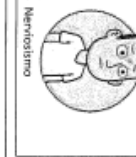
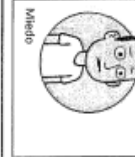
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

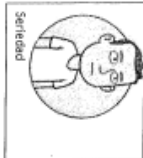
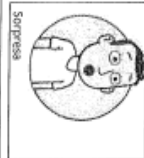



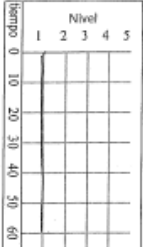
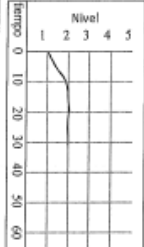
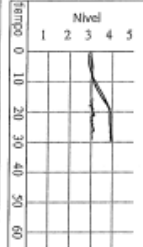
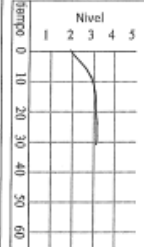
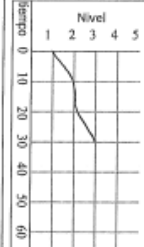





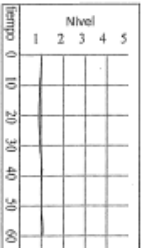
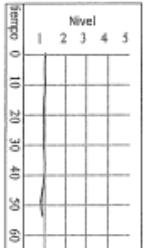
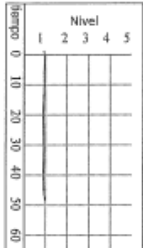
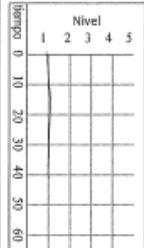
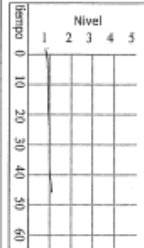


 <b>Carita</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Alegría</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Satisfacción</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Surpresa</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Seriedad</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>
 <b>Aburrimiento</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Tristeza</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Verguenza</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Nerviosismo</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>	 <b>Miedo</b> Nivel: 1 2 3 4 5 Tiempo: 0 10 20 30 40 50 60 Razón: Sujeto <input checked="" type="checkbox"/> Actividad <input checked="" type="checkbox"/> Externo <input checked="" type="checkbox"/>

Fecha: 13/06/16  
 Hora: 14:40 a 13:00  
 estudiante: - 0 L1 As Bur  
 Institución:  
 Profesor: Sra. P.T.  
 Observador:  
 Tangorra   
 Aida

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

 <p>Sorprendido</p>	 <p>Sorpresa</p>	 <p>Satisfacción</p>	 <p>Alegría</p>	 <p>Carño</p>
 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>
<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Externo <input checked="" type="checkbox"/></p>
 <p>Miedo</p>	 <p>Nerviosismo</p>	 <p>Verduleria</p>	 <p>Tristeza</p>	 <p>Aburrimiento</p>
 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>	 <p>Nivel</p> <p>Tempo 0 10 20 30 40 50 60</p>
<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>	<p>Razon:</p> <p>Sujeto <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Actividad <input type="checkbox"/></p> <p>Externo <input type="checkbox"/></p>

Fecha: 13/06/16  
 Hora: 16:15:45

Estudiante: 0

0 - 21

Institución:

Profesor:  
 Observador:

Tangch  
 Avila

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
 Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

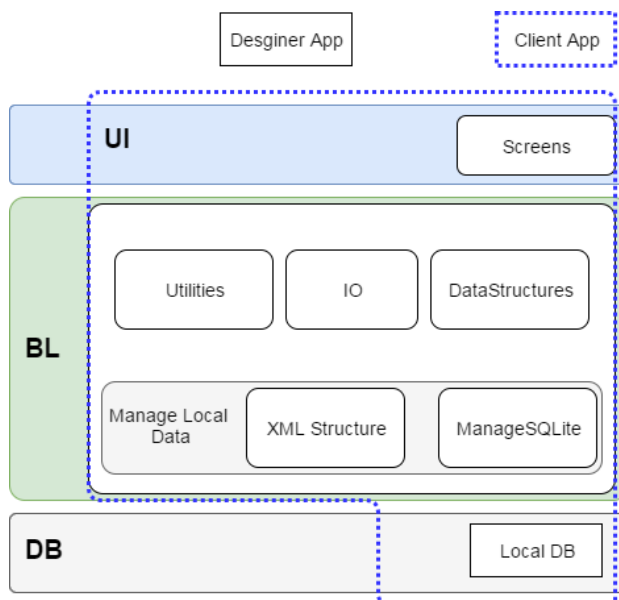
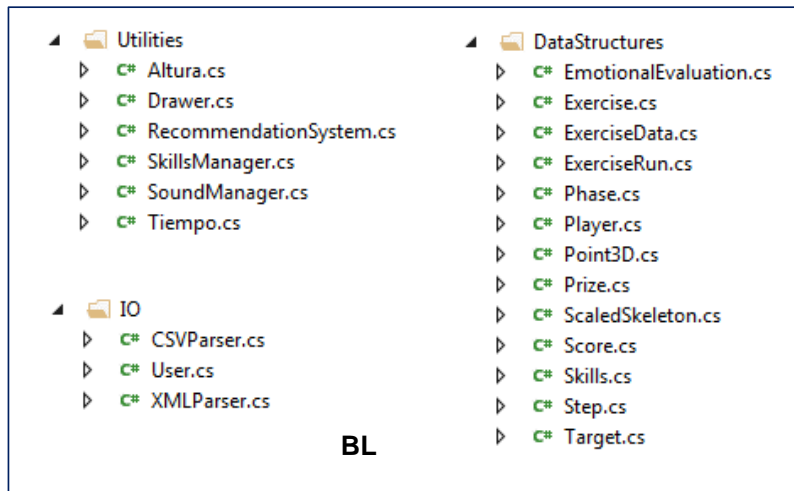
16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
 UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31



## Anexo 7. Clases de Tango:H Cliente



Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015.  
Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <https://sede.ull.es/validacion/>

Identificador del documento: 1006189

Código de verificación: WTdrckvl

Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

Fecha: 16/07/2017 20:03:54

ALFONSO INFANTE MORO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 20:27:21

CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

16/07/2017 21:37:10

ERNESTO PEREDA DE PABLO  
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

20/07/2017 16:17:31

## Anexo 8. Detalle de Emociones Básicas

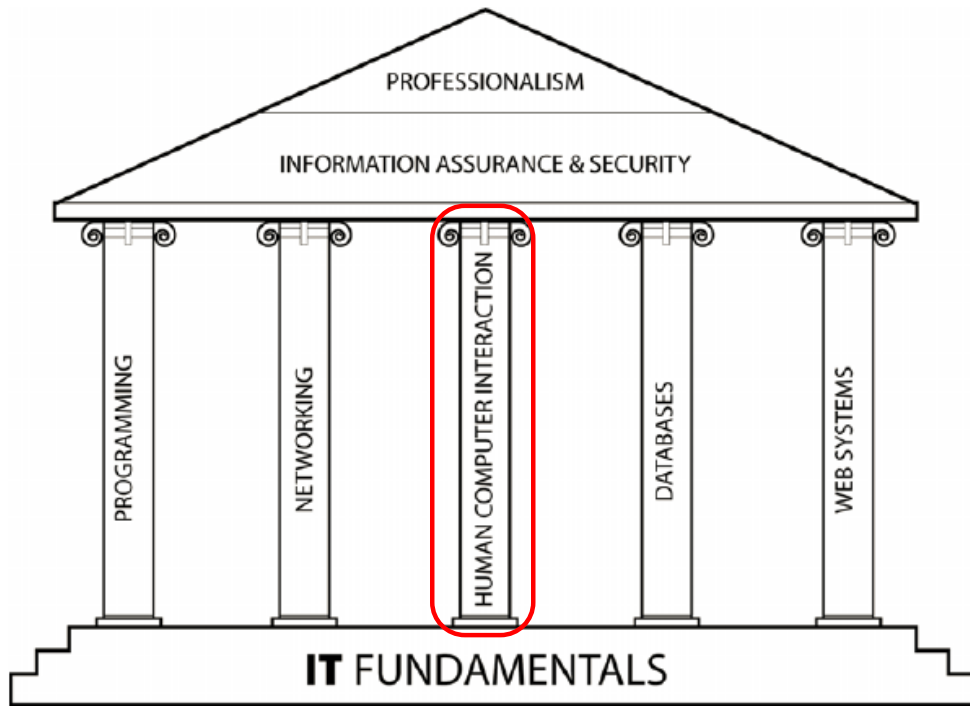
Emotion	Detail				
	Group	Tendencie	Arousal	Facial	Reference Words
Anger	negative	motivational	high	muscles of the brow moving inward and downward; the eyes fixed in a hard stare; and the nostrils and wings of the nose expanded	anger, rage, irritation, and exasperation
Disgust	negative	motivational	high	brows being drawn down and together and a wrinkled nose	--
Fear	negative	motivational	high	mouth retracted straight back with the mouth slightly open	horror, alarm, terror, and fear
Anxiety	negative	Behavioral conflic	high	eye darts and head swivels that presumably increase the spatial area seen by the eyes	anxiety, nervous, and tense
Sadness	negative	motivational	low	inner corners of the brows being drawn obliquely upward and together, with the eyes begin slightly narrowed; the corners of the mouth are pulled downward and the chin may be pushed up and quiver	suffering, sadness, depression, and disappointment
Joy / happiness	positive (+/- intensities)	motivational	variety		cheerfulness, joy, enthusiasm, and contentment

**Tabla 25.** Detalle de Emociones Básicas

Fuente: (Harmon-Jones et al., 2016).

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31

**Anexo 9. HCI en el contexto de las Ciencias de la Computación según ACM/IEEE**



**Figura 59. HCI como disciplina de Tecnologías de la Información según ACM/IEEE**

Fuente: (Lunt et al., 2008, p. 19)

Este documento incorpora firma electrónica, y es copia auténtica de un documento electrónico archivado por la ULL según la Ley 39/2015. Su autenticidad puede ser contrastada en la siguiente dirección <a href="https://sede.ull.es/validacion/">https://sede.ull.es/validacion/</a>	
Identificador del documento: 1006189	Código de verificación: WTdrckvl
Firmado por: PABLO VICENTE TORRES CARRION UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	Fecha: 16/07/2017 20:03:54
ALFONSO INFANTE MORO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 20:27:21
CARINA SOLEDAD GONZALEZ GONZALEZ UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	16/07/2017 21:37:10
ERNESTO PEREDA DE PABLO UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA	20/07/2017 16:17:31